



**FÁBIO MANUEL
MARTINS
BERNARDES**

**FILOSOFIA LEAN: AUMENTO DA PRODUTIVIDADE
NA BI-SILQUE SPGS, S.A.**



**FÁBIO MANUEL
MARTINS
BERNARDES**

**FILOSOFIA LEAN: AUMENTO DA PRODUTIVIDADE
NA BI-SILQUE SPGS, S.A.**

Relatório de Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizado sob a orientação científica da Doutora Ana Luísa Ferreira Andrade Ramos, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho aos meus pais e irmão, pelo seu amor e apoio incondicional.

o júri

presidente

Prof. Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira
professor auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor António Ernesto da Silva Carvalho Brito
professor auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Prof. Doutora Ana Luísa Ferreira Andrade Ramos
professora auxiliar da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Todo este projeto não teria sido possível sem o apoio de algumas pessoas, às quais gostaria de prestar o meu agradecimento:

À minha orientadora na Universidade de Aveiro, Professora Doutora Ana Luísa Ramos, pela sua orientação, apoio e permanente disponibilidade para ajudar no que foi preciso.

Aos meus orientadores na empresa Bi-silque SPGS, S.A., Engº. Abel Maia e Engº. Carlos Leão, pela oportunidade proporcionada e acompanhamento ao longo de todo o estágio.

Aos meus companheiros de estágio Fernando e Tânia e colegas de gabinete Lúcia, Miguel e Sara, pela ajuda que ofereceram e pelos momentos de partilha e descompressão proporcionados.

Ao Engº. João Teles que me recebeu na empresa e que se demonstrou igualmente disponível para ajudar sempre que necessário.

E claro, aos meus pais e irmão, família e todos os meus amigos que me acompanham sempre e que me dão força e motivação para alcançar todos os meus objetivos de vida.

palavras-chave

Pensamento *Lean*, Balanceamento de Linhas de Montagem, SMED, 5S, Estandarização de Processos.

resumo

O presente relatório descreve um projeto desenvolvido ao longo de oito meses na empresa Bi-silque SPGS, S.A.. Trata-se de uma empresa que possui como principal ativo produtos de comunicação visual, sendo uma das mais conceituadas no contexto industrial em que está inserida.

O reconhecimento por parte dos mercados faz com que o número de encomendas e a diversidade de produtos desejados tenham apresentado um crescimento exponencial ao longo dos últimos anos.

Nesse sentido, o desafio proposto dividiu-se em dois grandes objetivos: por um lado, o aumento da produtividade de uma das linhas de embalagem mais importantes da organização; por outro lado, a diminuição do tempo de *setup* de uma linha das linhas de montagem.

Em relação ao primeiro objetivo, houve uma preocupação prévia em estabilizar o processo em apreciação para que, em seguida, fosse possível a elaboração de um balanceamento das tarefas afetas a cada operador alocado. Como resultado final, registou-se um acréscimo de aproximadamente 43% no seu *output*.

Já em relação ao segundo objetivo, para se reduzir o tempo despendido na troca de ferramentas, recorreu-se à aplicação da metodologia SMED (*Single Minute Exchange of Die*), resultando da mesma uma redução de cerca de 45% no tempo de *setup* da máquina-alvo.

keywords

Lean Thinking, Balancing Assembly Lines, SMED, 5S, Standard Work.

abstract

This report arises from a project developed in eight months, in a company named Bi-silque SGPS, S.A. The core business of Bi-silque is a range of products related with visual communication and in its business area is one of the most recognized companies.

The recognition given by the markets led to a exponential growth of the number of orders and a wider range of products demanded by consumers in recent years.

Accordingly to that, the proposed challenge was divided in two objectives: on the one hand, the productivity increase of one packaging line, which is one of the most important lines of the organization; on the other hand, the time reduction related to a setup time of one assembly line.

Regarding the first objective, the first concern was the process stabilization, to make possible the balancing task of each operator. As final result, it was reached an output increase of 43%

For the second objective, the methodology SMED (*Single Minute Exchange of Die*) was applied, with a 45% setup time reduction.

ÍNDICE DE CONTEÚDOS

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO	1
1.2. RELEVÂNCIA DO DESAFIO	1
1.3. ESTRUTURA DO DOCUMENTO	2
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	3
2.1. <i>LEAN THINKING</i>	3
2.1.1. EVOLUÇÃO HISTÓRICA	3
2.1.2. PRINCÍPIOS <i>LEAN</i>	5
2.1.3. DESPERDÍCIOS	6
2.2. TÉCNICAS E FERRAMENTAS <i>LEAN</i>	8
2.2.1. BALANCEAMENTO DE LINHAS DE MONTAGEM	8
2.2.2. MEDIÇÃO DO TRABALHO	12
2.2.3. SMED	14
2.2.4. 5S	18
2.2.5. DIAGRAMA DE <i>SPAGHETTI</i>	19
2.2.6. DIAGRAMA DE ISHIKAWA	20
2.2.7. <i>STANDARD WORK</i>	20
3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA E DO PROJETO	23
3.1. BI-SILQUE SPGS, S.A.	23
3.2. BI-SILQUE – PRODUTOS DE COMUNICAÇÃO VISUAL S.A.	24
3.3. ÁREA DE EMBALAGEM (LINHA <i>PROCESS</i>)	25
3.4. ÁREA DE MONTAGEM (LINHA 120X90)	27
3.5. OBJETIVOS E METODOLOGIA DO PROJETO	28
4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	31
4.1. CASO A: BALANCEAMENTO DA LINHA DE EMBALAGEM	31
4.1.1. DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL	31
4.1.2. ESTABILIZAÇÃO DO PROCESSO: AÇÕES DE MELHORIA	36

4.1.3. SOLUÇÃO DE BALANCEAMENTO	38
4.1.4. RESULTADOS.....	42
4.1.5. SIMULAÇÃO EM ARENA.....	43
4.2. CASO B: APLICAÇÃO DO SMED	47
4.2.1. ETAPA PRELIMINAR: <i>SETUP</i> INTERNO E <i>SETUP</i> EXTERNO NÃO SE DISTINGUEM.....	47
4.2.2. ETAPA 1: SEPARAÇÃO ENTRE <i>SETUP</i> INTERNO E <i>SETUP</i> EXTERNO	51
4.2.3. ETAPA 2: CONVERSÃO DE <i>SETUP</i> INTERNO EM <i>SETUP</i> EXTERNO.....	51
4.2.4. ETAPA 3: MELHORIA SISTEMÁTICA DE TODAS AS OPERAÇÕES DE <i>SETUP</i>	53
4.2.5. RESULTADOS.....	58
5. CONCLUSÃO	61
5.1. REFLEXÃO SOBRE O TRABALHO REALIZADO	61
5.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
ANEXOS	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: A casa do TPS	4
Figura 2: Oito tipos de desperdício	6
Figura 3: Configuração de uma linha de montagem dois lados	9
Figura 4: Exemplo de uma "interferência" na linha de dois lados	10
Figura 5: Diagrama de precedências	11
Figura 6: <i>Yamazumi chart</i>	12
Figura 7: OS quatro estágios do SMED	16
Figura 8: Vantagens de um <i>setup</i> rápido	18
Figura 9: Os 6S (5+1) e a eliminação do desperdício	19
Figura 10: Diagrama de <i>spaghetti</i>	19
Figura 11: Diagrama de Ishikawa	20
Figura 12: Vista aérea das instalações da Bi-silque SPGS, S.A.	23
Figura 13: Zonas de exportação da Bi-silque SPGS, S.A.	23
Figura 14: Exemplos de produtos do setor Bi-casa	25
Figura 15: Exemplos de produtos do setor Bi-office	25
Figura 16: Área de embalagem (<i>Process</i>)	26
Figura 17: Esquema da linha de embalagem (<i>Process</i>)	26
Figura 18: Área de montagem (linha 120x90)	27
Figura 19: Fluxograma do processo de montagem	28
Figura 20: Diagrama de Gantt relativo ao posto de trabalho A	33
Figura 21: Diagrama de Gantt relativo ao posto de trabalho B	33
Figura 22: Diagrama de Gantt relativo ao posto de trabalho C	33
Figura 23: Diagrama de Gantt relativo ao posto de trabalho D	34
Figura 24: Tempo de operação por operador	34
Figura 25: Tempo de ciclo por posto de trabalho	35
Figura 26: Diagrama de Ishikawa relativo a tempos improdutivos	35
Figura 27: <i>Memos</i> dispostos verticalmente sobre o carro construído	36
Figura 28: Diagrama de precedências das tarefas identificadas	39
Figura 29: Favos de mel colocados no suporte	41
Figura 30: Tempo de ciclo por operador (novo)	41
Figura 31: Tempo de ciclo por posto de trabalho (novo)	41

Figura 32: Evolução semanal do número de <i>memos</i> embalados por hora.....	42
Figura 33: Nova configuração da linha de embalagem.....	44
Figura 34: <i>Process</i> - exemplo de um módulo do Arena	44
Figura 35: Taxa de utilização afeta a cada recurso	46
Figura 36: Esquema da máquina de montagem 120x90	47
Figura 37: Diagrama de <i>spaghetti</i> relativo ao operador 1	50
Figura 38: Diagrama de <i>spaghetti</i> relativo ao operador 2.....	50
Figura 39: Impacto da separação entre <i>setup</i> interno e <i>setup</i> externo	51
Figura 40: Carrinho para abastecer zonas 3 e 4 da máquina	53
Figura 41: Desenho da primeira ideia (Solidworks 2012-2013).....	56
Figura 42: Desenho da segunda ideia (Solidworks 2012-2013)	57
Figura 43: Duas das quatro caixas colocadas na lateral da máquina	57
Figura 44: Evolução do tempo de <i>setup</i> e do tempo de <i>changeover</i>	58
Figura 45: Representação esquemática das três áreas que constituem a <i>Process</i>	65
Figura 46: Modelação do processo de embalagem (<i>Process</i>).....	67
Figura 47: Instrução de trabalho alusiva ao processo de <i>setup</i> da máquina 120x90 (1) ..	68
Figura 48: Instrução de trabalho alusiva ao processo de <i>setup</i> da máquina 120x90 (2) ..	68
Figura 49: Instrução de trabalho alusiva ao processo de <i>setup</i> da máquina 120x90 (3) ..	69
Figura 50: Instrução de trabalho alusiva ao processo de <i>setup</i> da máquina 120x90 (4) ..	69
Figura 51: Instrução de trabalho alusiva ao processo de <i>setup</i> da máquina 120x90 (5) ..	70
Figura 52: Instrução de trabalho alusiva ao processo de <i>setup</i> da máquina 120x90 (6) ..	70
Figura 53: Instrução de trabalho alusiva ao processo de <i>setup</i> da máquina 120x90 (7) ..	71
Figura 54: Instrução de trabalho alusiva ao processo de <i>setup</i> da máquina 120x90 (8) ..	71
Figura 55: Instrução de trabalho alusiva ao processo de <i>setup</i> da máquina 120x90 (9) ..	72
Figura 56: Instrução de trabalho alusiva ao processo de <i>setup</i> da máquina 120x90 (10)	72

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Descrição e duração das tarefas afetas a cada operador	31
Tabela 2: Tempos revistos das tarefas afetas a cada operador	39
Tabela 3: Elaboração do balanceamento da linha de montagem	40
Tabela 4: Taxa de utilização afeta a cada recurso	45
Tabela 5: Descrição, duração e tipologia das tarefas afetas ao operador 1.....	48
Tabela 6: Descrição, duração e tipologia das tarefas afetas ao operador 2.....	48
Tabela 7: Descrição e duração das tarefas afetas ao operador 1 (novo)	54
Tabela 8: Descrição e duração das tarefas afetas ao operador 2 (novo)	55
Tabela 9: Descrição e duração das tarefas afetas ao operador 3 (novo)	55
Tabela 10: Melhoria registada nas movimentações efetuadas por operador.....	59
Tabela 11: Registo de todos os tempos cronometrados na zona de embalagem.....	66

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente relatório descreve o projeto desenvolvido no âmbito da disciplina Dissertação/Projeto/Estágio do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, da Universidade de Aveiro. A realização do mesmo ocorreu na empresa Bi-silque SPGS, S.A. e teve a duração de oito meses.

A Bi-silque está em permanente crescimento e, por esse motivo, é fundamental que os níveis de produtividade acompanhem essas permanentes mudanças. Na situação de partida, tornou-se possível constatar que o *output* da linha de embalagem tem-se mantido estagnado no tempo, não acompanhando o crescimento de alguns processos de montagem: aumentando o *output* nas linhas de montagem e mantendo o *output* das linhas de embalagem provoca um acréscimo na quantidade de *stock* intermédio que, por sua vez, resulta em desperdício/custos. Tornou-se também evidente que, se o tempo de *setup* das linhas de montagem fosse menor, poder-se-ia aumentar a flexibilidade e, por ventura, produzir lotes mais pequenos.

Deste modo, o primeiro objetivo do projeto visou o aumento do número de *memos* embalados através da elaboração de um balanceamento das tarefas afetas a cada operador alocado à linha de embalagem. Porém, para que tal fosse possível, foi necessária uma estabilização prévia de todo o processo para que os tempos improdutivos não representassem um fator de interferência nos tempos de operação. O segundo objetivo consistiu em reduzir o tempo de *setup* de uma das linhas de montagem, contribuindo para tal a aplicação da metodologia SMED (*Single Minute Exchange of Die*).

1.2. RELEVÂNCIA DO DESAFIO

A nível global, a Bi-silque SPGS, S.A. é uma das empresas líder na comercialização de produtos de comunicação visual. O seu reconhecimento tem sido manifestado por um crescimento exponencial no número de encomendas e diversidade de produtos procurados.

No cenário de crise económica que o país atravessa, não há grande espaço para se efetuar grandes investimentos (novos espaços, máquinas, mais pessoas, etc.). Todavia,

para se conseguir evoluir e dar resposta a todas as solicitações é essencial saber valorizar os recursos que se tem e aproveitá-los da forma mais eficiente.

Fazendo o paralelismo com o desafio proposto, o deficiente aproveitamento dos recursos e as paragens imprevistas (linha de embalagem), bem como o tempo improdutivo despendido na troca de ferramentas (linha de montagem) são situações de evidente desperdício, a partir do qual resultam custos significativos para a empresa e que, por isso, representam uma oportunidade de melhoria.

O projeto representou igualmente uma oportunidade de colocar em prática algumas das ferramentas e métodos *lean* aprendidos nas disciplinas de Engenharia e Gestão Industrial.

1.3. ESTRUTURA DO DOCUMENTO

O presente documento está estruturado em cinco capítulos distintos que, por sua vez, se dividem em tópicos que facilitam a localização do leitor ao longo do documento.

No capítulo 2 é efetuado um enquadramento teórico ao projeto que resulta de uma revisão bibliográfica ao conceito *lean thinking*, às suas ferramentas e metodologias, com particular incisão nas que serviram de base ao projeto: balanceamento de linhas de montagem e SMED.

No capítulo 3 é redigida uma breve apresentação da empresa que foi alvo do projeto, a Bi-silque SPGS, S.A., assim como uma breve alusão aos objetivos e metodologias inerentes ao projeto.

No capítulo 4 são descritos todos os passos (estabilização do processo e balanceamento da linha de embalagem; SMED aplicado a uma linha de montagem) que possibilitaram o cumprimento dos objetivos estabelecidos à priori, bem como alguns resultados mais relevantes.

Por fim, no capítulo 5 são apresentadas as principais conclusões que dizem respeito, não só ao trabalho realizado, como também à possibilidade de desenvolvimentos futuros.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

O presente capítulo constitui uma base de conhecimentos relativamente ao paradigma *lean*. Mais concretamente é exposta parte da sua história, os seus princípios, as fontes de desperdício associadas, assim como algumas ferramentas e metodologias que caracterizam o *lean* e que foram alvo de utilização na elaboração do caso prático.

2.1. *LEAN THINKING*

O conceito *lean thinking* (em português, “pensamento magro”) foi divulgado pela primeira vez por James Womack e Daniel Jones (1996) na obra intitulada com o mesmo nome. Classificado como um dos modelos de gestão melhor sucedidos, tem como principal finalidade a eliminação do desperdício de forma sistemática, incrementando valor para a empresa, clientes e restantes partes interessadas. Os autores descrevem o “desperdício” como toda e qualquer atividade que não acrescenta valor e que, como consequência, deve ser analisado e eliminado (Pinto, 2009).

2.1.1. EVOLUÇÃO HISTÓRICA

No início do século XX, logo após o termo da Primeira Guerra Mundial, Henry Ford apostou em revolucionar a indústria automóvel, promovendo um novo sistema de trabalho: a produção em massa. Até esta altura, a produção nas indústrias era por encomenda, com recurso a mão-de-obra altamente qualificada e com a possibilidade de customização do produto. O sistema idealizado por Ford permitiu que o fabrico de produtos passasse a decorrer em larga escala, provocando uma significativa redução nos custos unitários. Contudo, a necessidade de investimento e manutenção das novas máquinas, o aumento nos níveis de *stock* e a ausência de variedade nas peças produzidas (o Modelo T estava limitado a uma só cor e a uma só especificação) provocaram uma quebra acentuada na influência que este sistema vinha apresentando até então (Womack, Jones, & Roos, 2007; www.lean.org).

O rebentamento da Segunda Guerra Mundial e a consequente escassez de recursos levaram Eiji Toyoda e Taiichi Ohno a conceber um novo sistema de produção, o qual batizaram de TPS - *Toyota Production System* (Figura 1). O sistema foi aplicado na empresa japonesa Toyota e, ao contrário do anterior, assentava no fabrico de pequenos

lotes de produção, na redução dos tempos de produção e troca de ferramentas e na diversidade e qualidades dos seus produtos (Womack, Jones, & Roos, 2007).

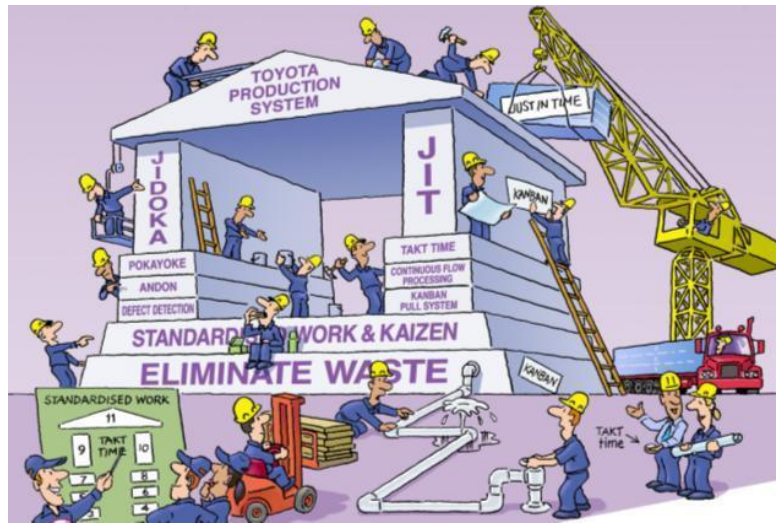


Figura 1: A casa do TPS

(Fonte: <http://www.tiasupplierdevelopment.com.au>)

Para Liker (2004), o núcleo do TPS diz respeito à manutenção de um fluxo contínuo de produtos em linha que facilmente pode ser adaptado a alterações na procura. Assim, tal como se evidencia na Figura 1, este sistema de produção assenta em dois pilares, representados pelo *just-in-time* (produzir apenas o que é solicitado pelo cliente) e pelo *jidoka* (automação das máquinas, interrompendo a produção sempre que uma anomalia é detetada).

Taiichi Ohno concluiu que, quando comparado com a produção em grandes quantidades, o custo de produzir em pequenos lotes era consideravelmente mais reduzido: não só os custos de *stocks* eram mais reduzidos como também, se por ventura fosse detetado algum defeito no processo, o número de peças afetadas seria muito menor, pelo que se reduziam custos de desperdício de material e de retrabalho (Womack, Jones, & Roos, 2007).

A filosofia criada por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno viria nos anos 90 a ser designada por *lean manufacturing* ou *lean production* e mais tarde, tal como já mencionado anteriormente, Womack e Jones apelidariam a mesma de *lean thinking*. Há ainda a acrescentar que, derivado ao seu sucesso, o paradigma apresentado tem vindo a ser adaptado a outros setores, como a saúde ou a construção (Pinto, 2009; www.lean.org).

2.1.2. PRINCÍPIOS *LEAN*

Para Womack & Jones (2003), na implementação da filosofia *lean thinking*, devem ter-se em atenção cinco princípios fundamentais. São eles:

Criar valor – Não é a organização que define o que é o valor, mas sim o cliente. Por conseguinte, a empresa deve orientar a sua produção no sentido de disponibilizar ao cliente produtos/serviços que se enquadrem nas suas expetativas/necessidades (Womack, & Jones, 2003).

Definir a cadeia de valor – Conjunto de todas as atividades necessárias para se produzir um bem ou serviço. Para Rother & Shook (2003), estas atividades incorporam-se em dois diferentes fluxos: o fluxo de produção (entrada da matéria-prima até à entrega do produto ao cliente) e o fluxo do projeto (conceção do produto até ao seu lançamento).

Otimização do fluxo – O fluxo de produção deve ser contínuo e sem interrupções. Com isto, os *stocks* intermédios e o *lead time* são reduzidos, ao passo que a qualidade aumenta (Womack, & Jones, 2003).

O sistema *pull* – Carateriza um sistema de produção que funciona de acordo com a procura, no qual as instruções de fabrico são fornecidas pelo cliente final e transitam o fluxo de valor de jusante para montante. Nesse sentido, apenas é produzido o que é requerido pelo cliente, minimizando-se os desperdícios (Womack, & Jones, 2003).

Perfeição – Segundo Womack & Jones (2003), para que todas as atividades inerentes ao processo acrescentem valor, é necessária uma completa eliminação dos desperdícios. Para Pinto (2009), ouvir a voz do cliente é fundamental para as empresas se aproximarem o mais possível da perfeição.

Mais tarde, Pinto (2009) viria a colocar em causa os cinco princípios apresentados por Womack & Jones (2003), argumentando que os mesmos consideram apenas a cadeia de valor do cliente, menosprezando os interesses dos restantes *stakeholders*. Acrescenta ainda que os princípios apresentados não incorporam a inovação de produtos, serviços ou processos como forma de criar valor. Tal constatação levou a Comunidade *Lean Thinking* a rever os cinco princípios atrás descritos. Dessa revisão, resultou a alteração dos princípios “Criar valor” e “Definir a cadeia de valor” para os princípios “**Definir o(s) valor(es)**” e “**Definir a(s) cadeia(s) de valor**”, respetivamente, bem como a inserção dos princípios “**Conhecer os *stakeholders***” e “**Inovar sempre**”.

2.1.3. DESPERDÍCIOS

Para a filosofia *lean*, a identificação de desperdícios é imperativa, não só porque não acrescentam qualquer valor para o produto final, como também geram custos para a própria empresa (Womack, & Jones, 2003).

Segundo Taj & Berro (2004), 70% a 90% dos recursos disponíveis são alvos de desperdício por parte da maioria das empresas (mesmo as melhores organizações *lean* apresentam uma taxa de desperdício a rondar os 30%). Os autores acrescentam que não existem modelos universais que possam ser aplicados a todas as empresas. Ao invés, cada uma deve encontrar a sua própria maneira de implementar o pensamento *lean*.

Pinto (2009) menciona que, aquando de um estudo sobre o Sistema de Produção Toyota (TPS), Ohno e Shingo definiram sete categorias de desperdícios, seguidamente descritas (Figura 2):


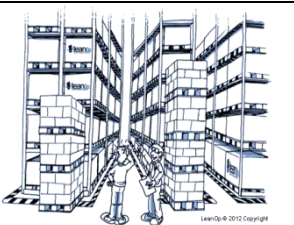
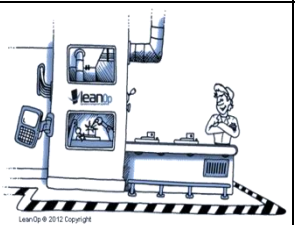
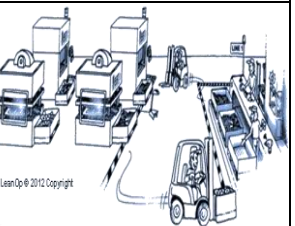
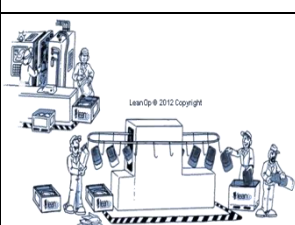
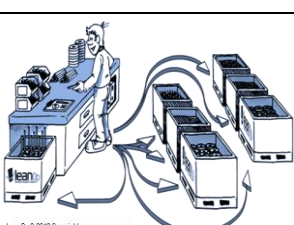
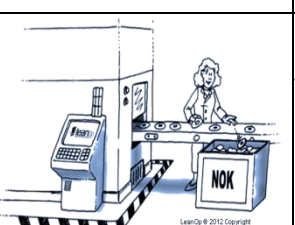
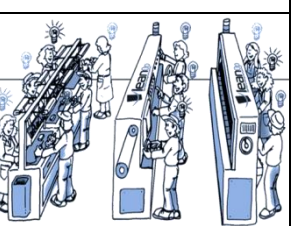
Excesso de produção	Excesso de inventário	Tempos de espera	Transporte
			
Processamento	Movimento	Produtos defeituosos	C. humano subutilizado
			

Figura 2: Oito tipos de desperdício
(Adaptado de: www.leanop.com)

Excesso de produção – Verifica-se sempre que se produz uma quantidade superior à necessária no processo seguinte, ou seja, quando se continua a produzir para lá da ordem de fabrico (Hicks, 2007). Para Pinto (2009), é classificado como a mais crítica das sete categorias de desperdício, uma vez que cria problemas adicionais, entre os quais: consumo excessivo de matérias-primas, aumento de *stocks* desnecessários e ausência de flexibilidade no planeamento. Além disso, o fato de os processos se encontrarem

ocupados com tarefas erradas pode ter como consequência atrasos nas entregas ao cliente.

Excesso de inventário – É uma consequência direta do excesso de produção e reflete a retenção de materiais por um determinado período de tempo, dentro ou fora da organização (Pinto, 2009). Entre outras consequências, mais uma vez, estão iminentes despesas com manuseamento de materiais e espaço ocupado pelos mesmos. Não é porém recomendável eliminar todo o inventário existente sem que primeiro sejam analisadas e anuladas as razões para o seu aparecimento (Karlsson, & Åhlström, 1996).

Tempos de espera – Dizem respeito ao tempo perdido por pessoas e/ou equipamentos à espera de algo e podem dever-se a: fluxo obstruído, problemas de *layout*, atrasos com entregas de fornecedores, capacidade não sincronizada com a procura e grandes lotes de produção (Pinto, 2009).

Transporte – Segundo Karlsson & Åhlström (1996), embora necessário, o transporte de produtos dentro de uma fábrica não lhes incrementa qualquer valor. Ao invés, para Pinto (2009), os sistemas de transporte ocupam espaço, aumentam o tempo de fabrico e podem provocar defeitos nos produtos.

Não sendo possível eliminar o fluxo de transportes e movimentações, é imprescindível rever e corrigir *layouts*, modificar o planeamento de operações e optar por sistemas de transporte mais flexíveis (Pinto, 2009).

Processamento – Refere-se a um conjunto de operações e processos não necessários e que, portanto, não se traduzem num acréscimo de valor para o cliente. Por outro lado, o aumento no número de defeitos é a consequência mais provável (Pinto, 2009).

Movimento – Engloba todos os movimentos desnecessários efetuados pelos trabalhadores na execução das operações e que não acrescentam qualquer valor ao produto (Pinto, 2009).

Produtos defeituosos – Segundo Pinto (2009), o aparecimento de defeitos nos produtos está normalmente atribuído à ausência de padrões nas operações, no autocontrolo e a erros humanos. O surgimento de defeitos traduz-se em custos para a empresa, nomeadamente na reparação desses produtos (matéria-prima, recursos humanos, entre outros). Se o defeito chegar ao cliente final, o panorama agrava-se: mais custos com garantias e entregas adicionais, imagem da empresa colocada em causa e consequente perda de clientes.

Para além dos desperdícios anteriormente descritos, na atual bibliografia, outros autores identificam e acrescentam um oitavo desperdício:

Capital humano subutilizado – Segundo Ohno (1988), um dos objetivos do TPS passava por “criar pessoas pensantes”. Os grandes gestores têm aprendido que as pessoas possuem características mentais e criativas que não podem ser substituídas pelas máquinas. Interessa, por isso, saber aproveitar as qualidades desse recurso tão importante (as pessoas), providenciando ações de formação e envolvendo-as na resolução de problemas na organização (são as pessoas que contatam diariamente com as máquinas e, desse modo, apresentam uma visão diferente sobre problemas associados às mesmas).

2.2. TÉCNICAS E FERRAMENTAS *LEAN*

Nos subtópicos seguintes são caracterizadas as técnicas e ferramentas *lean* que foram aplicadas na empresa Bi-silque SPGS, S.A..

2.2.1. BALANCEAMENTO DE LINHAS DE MONTAGEM

Uma linha de montagem é constituída por um conjunto de postos de trabalho ligados por um sistema de movimentação de materiais. Por outras palavras, quando as pessoas afetas a um determinado posto terminam as suas tarefas (atividades que acrescentam valor ao produto final), o material agrupado até então passa para o posto seguinte e assim sucessivamente (Vilarinho, & Simaria, 2002).

O tempo de execução de uma tarefa n é considerado fixo. Contudo, uma vez que diferentes tarefas não apresentam tempos iguais, surge o problema do balanceamento de uma linha de montagem, a partir do qual se torna indispensável afetar corretamente as tarefas aos postos de trabalho, por forma a garantir tempos de ciclo, cargas de trabalho semelhantes e tempos de inatividade o mais reduzidos possível (Vilarinho, & Simaria, 2002).

No que diz respeito à configuração de um linha de montagem, existem diversas possibilidades, entre as quais: linha reta (tradicional), linhas paralelas, linha de dois lados ou linha em “U”. Para a linha de embalagem em estudo no presente relatório (*Process*), a

linha de dois lados é a configuração utilizada, pelo que será alvo de caracterização mais detalhada.

As linhas de montagem de dois lados (Figura 3), sendo ligeiramente diferentes das linhas mais tradicionais (em linha reta), são extremamente úteis quando aplicadas a produtos de grande porte, em que para além de tarefas que podem ser realizadas em qualquer lado da linha, surgem outras que têm de ser efetuadas num lado específico da linha ou até mesmo em ambos os lados ao mesmo tempo (Simaria, & Vilarinho, 2009).

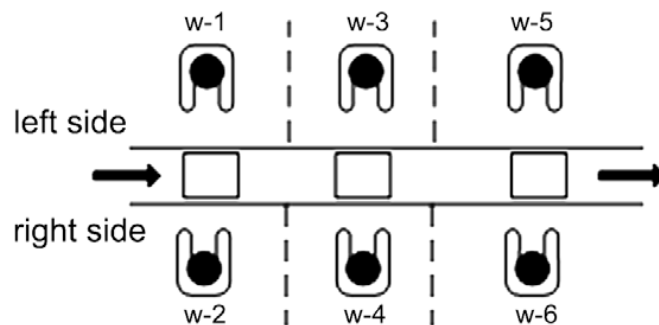


Figura 3: Configuração de uma linha de montagem dois lados
(Fonte: Simaria & Vilarinho, 2009)

A linha de montagem acima apresentada é composta por dois lados (esquerdo e direito). Em cada lado estão dispostos operadores (normalmente, um à frente do outro) que podem realizar simultaneamente tarefas diferentes no mesmo produto, desde que não coloquem em causa as precedências das tarefas (Simaria, & Vilarinho, 2009).

Neste tipo de configuração, importa igualmente compreender que, em determinado posto de trabalho, o trabalhador que está num lado da linha pode ter que esperar (tempo inativo) que o trabalhador do lado oposto termine a tarefa atual para começar a sua (Figura 4). Quando assim acontece, considera-se que ocorreu uma “interferência” (Simaria, & Vilarinho, 2009).

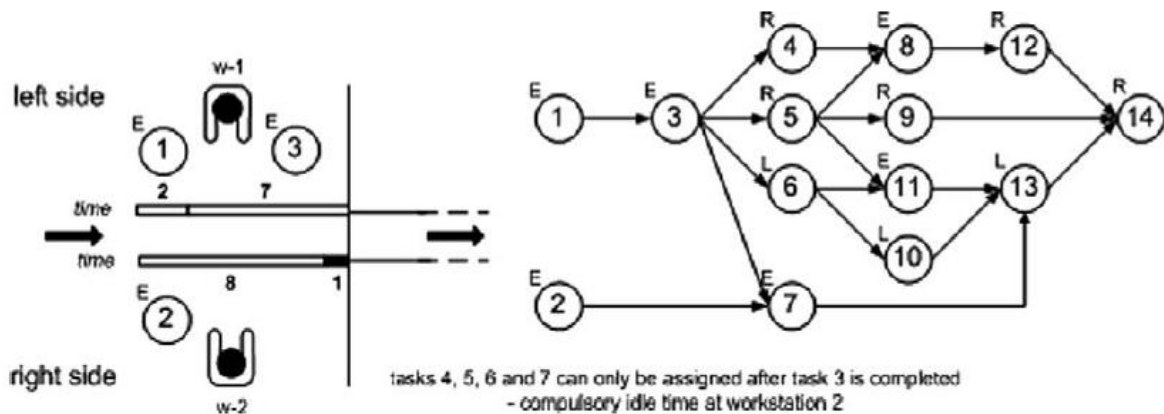


Figura 4: Exemplo de uma "interferência" na linha de dois lados
(Fonte: Simaria & Vilarinho, 2009)

Como se pode constatar na Figura 4, o operador 2 demora 8 segundos a concluir a tarefa 2. Contudo, o diagrama de precedências define que este não pode realizar nenhuma tarefa sem que o operador 1 termine a tarefa 3. Nesta situação em particular, verifica-se um tempo de inatividade de 1 segundo para o operador 2.

Independentemente da configuração da linha de montagem, existe um conjunto de termos e fórmulas fundamentais na aplicação de qualquer balanceamento de linhas:

1) O **takt time** é definido como um tempo de ciclo que varia de forma inversa com a procura (Pinto, 2009). Por outras palavras, o *takt time* define o ritmo de produção de acordo com a procura do cliente.

2) O **tempo de ciclo** corresponde ao intervalo de tempo entre a produção de duas peças de forma consecutiva. Representa o tempo que os operadores do posto de trabalho mais lento demoram a realizar as suas tarefas. De modo a evitar desperdícios no processo ou atrasos nas entregas, é fundamental que o tempo de ciclo e o *takt time* estejam em harmonia.

$$\text{Tempo de ciclo (C)} = \frac{\text{tempo disponível}}{n^{\circ} \text{ unidades produzidas}}$$

3) O **número mínimo de postos de trabalho**, tal como o nome sugere, caracteriza a quantidade mínima de postos de trabalho necessária para se produzir nos limites do tempo de ciclo.

$$K^0 = \left[\frac{\sum_{i=1}^N t_i}{C} \right]$$

Em que:

K^0 = Número mínimo de postos de trabalho;

$\sum_{i=1}^N t_i$ = Somatório dos tempos de todas as tarefas;

C = Tempo de ciclo

- 4) A **percentagem de tempo inativo** traduz a proporção de tempo livre nas estações de trabalho.

$$D = \frac{KC - \sum_{i=1}^N t_i}{KC}$$

- 5) A **eficiência da linha** é o complementar do ponto anterior e é, por isso, tanto maior quanto menor for a percentagem de tempo inativo.

$$E = 1 - D$$

De igual modo, há duas ferramentas de auxílio muito importantes:

- i. O **diagrama de precedências** apresenta as tarefas disponíveis e as precedências que têm de ser respeitadas (Figura 5);

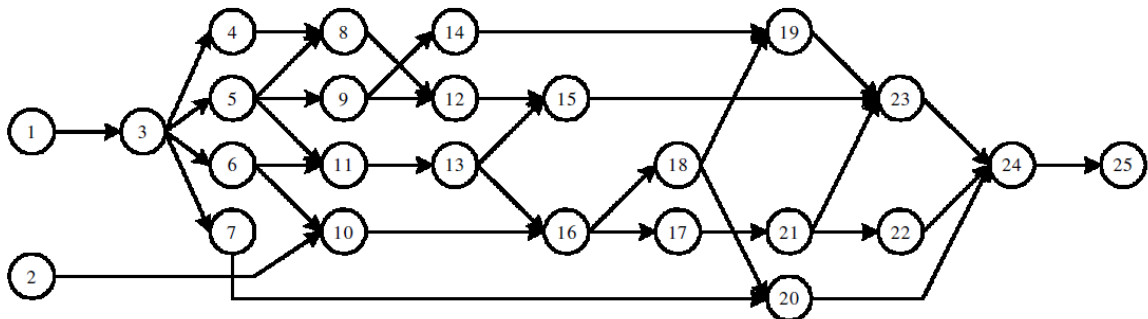


Figura 5: Diagrama de precedências
(Fonte: Vilarinho & Simaria, 2002)

- ii. O **yamazumi chart** permite perceber se todos os postos de trabalho respeitam o *takt time* e se as cargas de trabalho estão equilibradas (Figura 6).

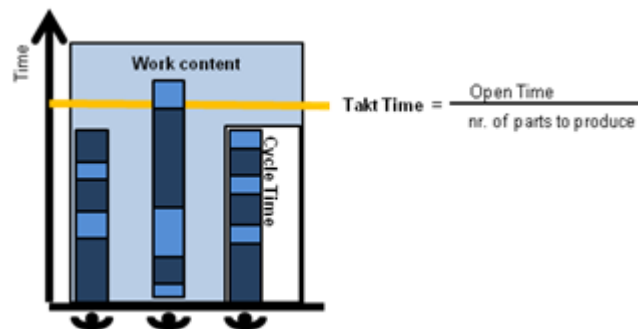


Figura 6: *Yamazumi chart*
(Fonte: <http://www.leanop.com>)

2.2.2. MEDIÇÃO DO TRABALHO

De acordo com Stevenson (2002), a medição de trabalho é uma área responsável por determinar o intervalo de tempo necessário para concluir uma tarefa específica. Para essa medição, são quatro os métodos mais utilizados pelas empresas: i) estudo de tempo recorrendo a cronometragem; ii) histórico de tempos; iii) tempos padrão pré-determinados; iv) amostragem de trabalho. Para o projeto elaborado, a cronometragem foi o método selecionado, pelo que se procede a uma descrição do mesmo em seguida.

Considerado o método mais apropriado para o estudo tarefas pequenas e repetitivas, para Stevenson (2002), são quatro as etapas fundamentais na aplicação deste método:

- 1) **Definir as tarefas a cronometrar e informar o trabalhador que será alvo de estudo.**

Nesta primeira fase, é crucial que o analista conheça muito bem o trabalho a medir e tenha a habilidade de reconhecer movimentos “não comuns” ao processo, por forma a evitar que os trabalhadores os realizem de forma deliberada com o intuito de enviesar os tempos. É igualmente fundamental que o observador, antes de efetuar qualquer medição, comunique com o trabalhador que vai ser sujeito à medição, explicando claramente o que pretende com o estudo e, dessa forma, anular possíveis receios e sentimentos de pressão por julgar que desse estudo surgirão consequências negativas para o seu lado (Stevenson, 2002).

2) Determinar o número de ciclos a observar.

Stevenson (2002) argumenta que o número de ciclos a observar depende da variabilidade dos tempos observados, da precisão desejada e do nível de confiança pretendido. Como tal, a obtenção desse valor resulta da aplicação da seguinte fórmula:

$$n = \left(\frac{z \times s}{a \times \bar{x}} \right)^2$$

Em que:

n = Tamanho requerido da amostra;

z = Desvio padrão normal para o nível de confiança desejado;

s = Desvio padrão da amostra;

a = Precisão da estimativa;

\bar{x} = Tempo médio da amostra.

Porém, nem todos os analistas e organizações consideram relevante a utilização da fórmula acima apresentada, optando por ser os próprios a definir o número de medições que consideram suficientes para a obtenção de dados fidedignos.

3) Determinar a duração do trabalho e classificar o desempenho do trabalhador.

Em primeiro lugar, interessa mencionar que o tempo observado, OT, resulta da média dos tempos registados, isto é:

$$OT = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Em que:

OT = Tempo observado;

$\sum_{i=1}^n x_i$ = Somatório dos tempos registados;

n = Tamanho da amostra.

Contudo, ao realizar a cronometragem, o analista tem de verificar se o ritmo de trabalho do operador é mais lento ou mais rápido que o normal. Com base nisso, deve aplicar um fator de desempenho, RF, com o intuito de aproximar os valores registados com a

realidade do processo. Da multiplicação desse fator com o tempo observado, obtém-se o tempo normal, NT:

$$NT = OT \times RF$$

Em que:

NT = Tempo normal;

OT = Tempo observado;

RF = Fator de desempenho.

O fator de desempenho pode ser:

- i. $RF < 1$, se a tarefa for desempenhada a um ritmo inferior ao normal;
- ii. $RF = 1$, se a tarefa for desempenhada a um ritmo normal;
- iii. $RF > 1$, se a tarefa for desempenhada a um ritmo superior ao normal.

4) Calcular o tempo padrão

O tempo normal descrito anteriormente não contempla desvios resultantes de, por exemplo, idas à casa de banho, alimentação, fadiga ou paragens imprevistas. Então, como solução para o problema, deve atribuir-se ao tempo normal um fator de compensação, A , obtendo-se o tempo padrão, ST :

$$ST = NT \times (1 + A)$$

Em que:

ST = Tempo padrão;

A = Fator de compensação.

2.2.3. SMED

Nas últimas décadas, as empresas têm vindo a apresentar um leque maior de produtos capazes de satisfazer as diferentes necessidades e gostos dos seus clientes. Porém, tal mudança de mentalidade não implica que se tenham registado aumentos na capacidade das máquinas. Ao invés, as organizações têm procurado atingir tempos de *setup* cada vez mais rápidos. Por conseguinte, o tamanho do lote, o nível de *stock* e o *lead time* de produção tornaram-se menores e as operações da fábrica tornaram-se flexíveis ao ponto de responder às constantes alterações de procura no mercado (Suzaki, 2010).

Antes de se explicar a metodologia que permitiu uma redução nos tempos de mudança de ferramentas, interessa perceber o que se entende por *setup*. Segundo Lopes, Neto, & Pinto (n.d.), os termos *setup* ou *changeover* designam a mudança de produtos, ferramentas ou ajustes ao longo de um processo, pelo que representam uma fonte de desperdício que não podendo ser eliminada, deve ser reduzida ao mínimo. Já para Imen (2005), o tempo de *changeover* corresponde ao intervalo de tempo entre a produção da última peça do lote anterior até à primeira peça com qualidade do lote seguinte, ao passo que o tempo de *setup* representa uma das componentes do tempo de *changeover* e diz respeito ao intervalo de tempo necessário para desmontar e montar partes da máquina.

Shingo (1985) defende que embora os procedimentos de *setup* possam variar com o tipo de operação e/ou equipamento onde são aplicados, é possível dividir o tempo de *setup* em quatro categorias:

- Preparação, ajustes pós-processo, verificação de materiais, ferramentas, etc.

Responsável por 30% do tempo, é a fase que assegura que as ferramentas estão no sítio e a funcionar corretamente. Inclui o período de tempo em que as ferramentas são limpas e arrumadas.

- Remoção e montagem de peças, ferramentas, etc.

Responsável por 5% do tempo, é a fase em que são removidas as peças e ferramentas usadas no último lote e montadas as que vão ser usadas no novo lote.

- Medições, ajustes e calibrações

Responsável por 15% do tempo, é a fase na qual são definidas e garantidas todas as condições (calibração ao nível do posicionamento, temperatura, pressão, etc.) para que o equipamento funcione corretamente.

- Séries de testes e ajustes

Responsável por 50% do tempo, é a fase em que, após se produzir uma peça de teste, verifica-se a conformidade da mesma. Se o teste não for positivo, deve voltar-se à fase anterior, efetuar os devidos ajustes e produzir uma nova peça de teste até que a esta satisfaça os requisitos pré-estabelecidos.

Tal como previamente mencionado, de modo a responder a pressões impostas pelo mercado, tornou-se imprescindível a procura de soluções que conduzissem a reduções

significativas nos tempos improdutivos, no caso particular, redução do tempo de *setup*. De todas as técnicas desenvolvidas, a mais popular continua a ser o SMED – *Single Minute Exchange of Die*, desenvolvida por Shigeo Shingo na década de 60.

Segundo Shingo (1985), o termo SMED é definido como um conjunto de técnicas que possibilitam atingir um tempo de troca de ferramentas abaixo dos dez minutos. Trata-se de uma metodologia criada e desenvolvida ao longo de dezanove anos. Numa primeira experiência (1950), Shigeo Shingo observou a troca de ferramentas efetuada na empresa Toyo Kogyo's Mazda (Japão) e concluiu que poderia ser criada uma distinção entre *setup* interno e *setup* externo. Assim, se por um lado o *setup* interno (do inglês IED – Inside Exchange of Die) é descrito como o conjunto de todas as atividades que têm de ser realizadas com a máquina parada, por outro lado o *setup* externo (do inglês OED – Outside Exchange of Die) agrupa todas as atividades que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento. Já em 1969, aplicando a mesma técnica na empresa Toyota Motor Company's (Japão), conseguir reduzir o tempo de *setup* de uma prensa de quatro horas para 90 minutos (redução de 62.5%). Não obstante, Shingo conseguiu algo extraordinário, idealizando a conversão de *setup* interno em *setup* externo e, por conseguinte, reduzindo o tempo de *setup* em 98,75% (quatro horas para três minutos).

Mais tarde, com base na sua experiência, viria a dividir o método em quatro etapas/estágios (Figura 7):

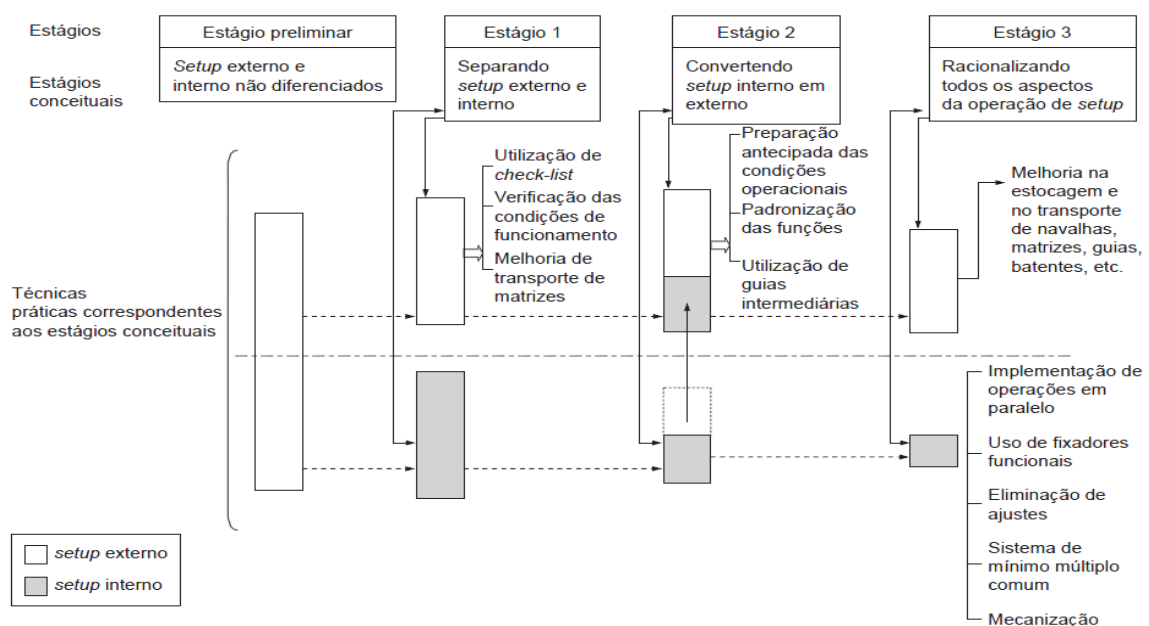


Figura 7: OS quatro estágios do SMED

(Fonte: Sugai, 2007)

- Etapa preliminar: *Setup* interno e *setup* externo não se distinguem;

É a fase em que se verifica a existência de tarefas que são realizadas com a máquina parada quando poderiam estar a decorrer com a máquina em funcionamento. De entre todas as estratégias de abordagem para esta etapa, a principal passa pela filmagem de todo o processo de troca de ferramentas. É uma forma de se conseguir ver e rever o vídeo de forma ilimitada e, além disso, uma oportunidade para os operários assistirem ao que fizeram e manifestarem o seu parecer (conhecem a máquina melhor que ninguém).

- Etapa 1: Separação entre *setup* interno e *setup* externo;

Sendo de censo comum que os preparativos para as atividades de *setup* deveriam ser executados com a máquina em funcionamento, a verdade é que raramente isso se cumpre. Classificada como “a etapa mais importante”, é determinante que tal separação ocorra, podendo perspetivar-se uma redução no tempo de *setup* na ordem dos 30-50%.

- Etapa 2: Conversão de *setup* interno em *setup* externo;

Uma grande parte das vezes, a simples separação entre tarefas internas e externas não garante a realização do *setup* num tempo abaixo dos dez minutos. Importa assim reavaliar todas as atividades anteriormente classificadas em internas e verificar se as mesmas poderão ser convertidas em externas.

- Etapa 3: Melhoria sistemática de todas as operações de *setup*.

Nesta etapa procuram-se soluções que possibilitem reduzir ao mínimo o tempo de todas as atividades afetas ao processo de troca de ferramentas. No caso das tarefas externas, o transporte e a arrumação de ferramentas são os dois principais alvos de melhoria. Já para as tarefas internas, pode considerar-se a utilização de mais colaboradores – trabalho em paralelo - e ainda a substituição de apertos roscados (fixação lenta) por apertos mais funcionais (fixação rápida).

Apresentadas e descritas as quatro etapas constituintes da metodologia SMED, apresenta-se em seguida um esquema simples que ilustra alguns dos aspetos mais relevantes aliados à obtenção de tempos de *setup* mais rápidos:

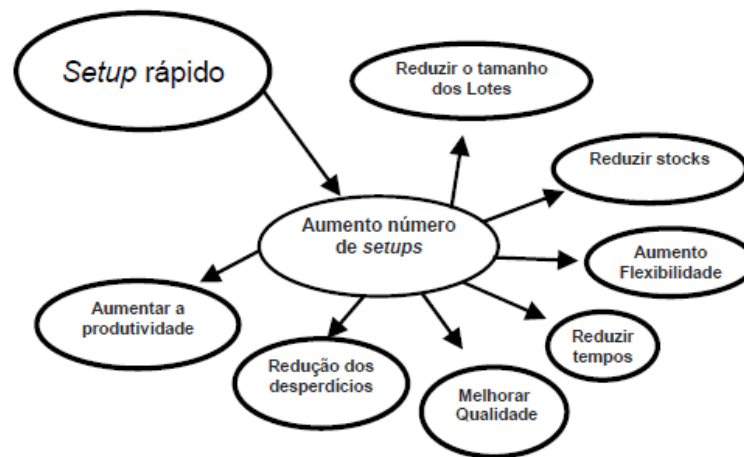


Figura 8: Vantagens de um *setup* rápido
(Fonte: Lopes, Neto, & Pinto, n.d.)

2.2.4. 5S

A ferramenta 5S, além de representar um dos pilares da filosofia *lean*, é também responsável por suportar grande parte das metodologias que lhe estão associadas (Liker, 2004). Para o mesmo autor, os cinco princípios associados a esta ferramenta são descritos como:

- 1) **Seiri** (Separar) – Classificar e separar o útil do inútil, eliminando tudo o que não é necessário ou está a mais no posto de trabalho.
- 2) **Seiton** (Arrumar) – Atribuir um local para cada coisa, colocando mais à mão as coisas com maior utilidade (usadas com mais frequência). A identificação de materiais e dos lugares é a melhor forma de manter as coisas no devido lugar.
- 3) **Seiso** (Limpeza) – Cada elemento do posto de trabalho deve ser responsável por manter limpa a sua área de trabalho. Devem também ser encontradas formas de evitar ou minimizar a ocorrência de sujidade.
- 4) **Seiketsu** (Normalizar) – Definir normas que assegurem as condições alcançadas nos três pontos anteriores. Para tal, é importante a implementação de procedimentos e instruções claras e funcionais, sempre apoiadas em suporte visual.
- 5) **Shitsuke** (Autodisciplina) – Neste último princípio, é crucial que as pessoas afetadas a cada posto de trabalho, através da autodisciplina, assegurem a continuidade dos resultados obtidos nos passos anteriores. As formações e ações de sensibilização são exemplo de ações que ajudam a garantir o seu sucesso.

Para além dos 5S atrás abordados, um grande número de empresas tem vindo a adotar um outro S, o S da Segurança (Figura 9), o qual não pode ser esquecido, qualquer que seja a atividade realizada (Pinto, 2009).

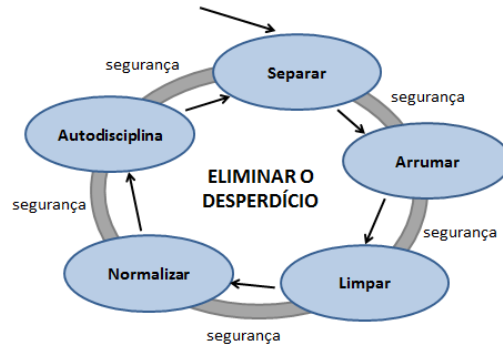


Figura 9: Os 6S (5+1) e a eliminação do desperdício
(Adaptado de Pinto, 2009)

2.2.5. DIAGRAMA DE SPAGHETTI

O diagrama de *spaghetti* (Figura 10) é uma ferramenta poderosa que ilustra o fluxo de materiais ao longo do seu processamento na fábrica. Do mesmo modo, pode ser utilizado para mapear o fluxo de informação e de pessoas. O diagrama é geralmente desenhado sobre um *layout* e a sua utilização facilita a identificação de movimentações e transportes desnecessários (Liker, 2004; Wilson, 2010).

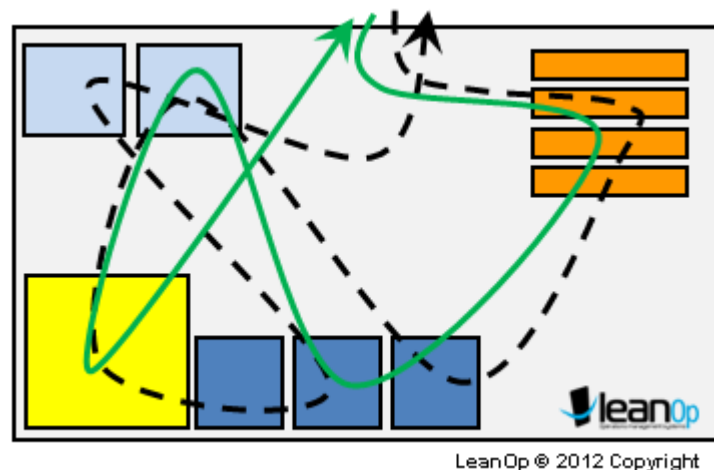


Figura 10: Diagrama de *spaghetti*
(Fonte: <http://leanop.com>)

2.2.6. DIAGRAMA DE ISHIKAWA

O diagrama de Ishikawa, também conhecido por diagrama de causa-efeito é uma ferramenta que se assemelha a uma espinha de peixe, na qual são listadas as causas e sub-causas de um efeito, nomeadamente: um problema, defeito, acidente ou uma forma de desperdício (Hagemeyer, Gershenson, & Johnson, 2006; Pinto, 2009).

Montgomery (2009) acrescenta que em situações em que as causas de um problema não são óbvias, o diagrama de causa-efeito é a ferramenta mais utilizada na obtenção das potenciais causas (Figura 11).

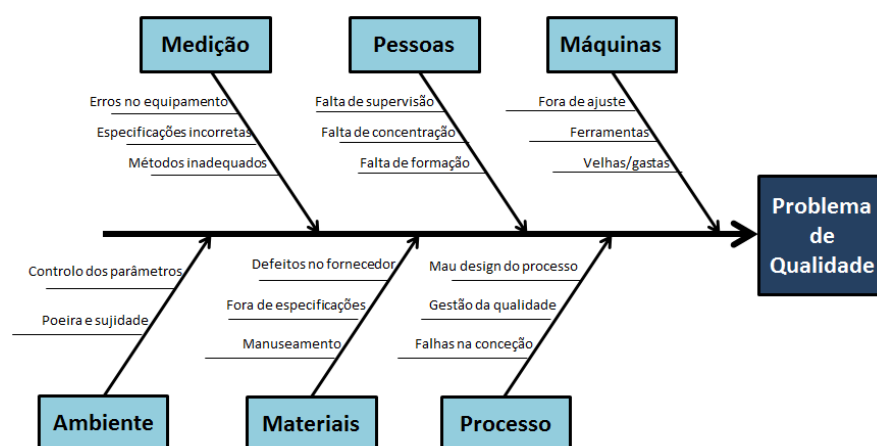


Figura 11: Diagrama de Ishikawa
(Adaptado de Pinto, 2009)

2.2.7. STANDARD WORK

Um dos aspetos mais importantes no que à filosofia *lean thinking* diz respeito é a uniformização, normalização ou estandardização de processos. Com a sua aplicação, todos os colaboradores envolvidos no processo procedem de igual modo, seguindo a mesma sequência, as mesmas operações e as mesmas ferramentas. A documentação dos modos operatórios é a forma mais comum de se garantir a uniformização de processos e, por conseguinte, uma redução na variação dos mesmos (Pinto, 2009).

Sempre que é aplicada uma melhoria, a primeira dificuldade das empresas (mais precisamente dos engenheiros) passa por manter essa melhoria. E essa é outra das razões pela qual a padronização de tarefas se torna essencial, uma vez que impede as pessoas de ressuscitarem velhos hábitos de trabalho (Scothmer, 2008).

Por fim, interessa ainda acrescentar que o *standard work* agrupa três elementos básicos. São eles (Pinto, 2009):

- Tempo de ciclo: tempo necessário para que cada etapa da produção seja concluída;
- Sequência de produção: ordem pela qual se devem efetuar as diversas operações que levam à realização de uma tarefa;
- Nível WIP (*work in process*): quantidade máxima de *stock* ao longo de um processo, quando o mesmo não apresenta variabilidade.

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA E DO PROJETO

3.1. BI-SILQUE SPGS, S.A.

A Bi-silque (Figura 12) é uma empresa familiar criada por Virgílio Vasconcelos e esposa, Aida Vasconcelos. Começou a laborar numa garagem localizada em Esmoriz há 35 anos atrás (1979), produzindo produtos de cortiça para casa e escritório.

A Bi-silque começou a marcar a sua posição na indústria deste tipo de produtos, com os mesmos a ganhar destaque pelo seu fator de inovação e com valor para o cliente.



Figura 12: Vista aérea das instalações da Bi-silque SPGS, S.A.

(Fonte: www.bisilque.com)

Atualmente, a exportação abrange mais de 60 países distribuídos pelos 5 continentes (Figura 13). Embora 60% das matérias-primas utilizadas nos produtos sejam de origem nacional, cerca de 99% do que é comercializado tem como destino o mercado internacional.



Figura 13: Zonas de exportação da Bi-silque SPGS, S.A.

(Fonte: www.bisilque.com)

Sendo uma empresa em progressivo crescimento, a Bi-silque tendo sido alvo de várias distinções, das quais se destacam o prémio de mérito empresarial atribuído pelo IAPMEI em 2009, bem como a parceria efetuada com a Universidade de Aveiro que lhe possibilitou vencer a primeira edição do Portugal United em 2012. Igualmente importantes foram as declarações de dois ex-ministros da Economia: Manuel Pinho em 2009 e Álvaro Santos Pereira em 2013.

“Esta empresa é um exemplo do que os portugueses podem conseguir. É uma empresa familiar que evoluiu muito e hoje é verdadeiramente espetacular.” (“Manuel Pinho inaugura em Esmoriz fábrica do Grupo Bi-silque” 2009)

“Este é um exemplo de uma empresa que se regenerou ao longo do tempo. Há 30 anos laborava numa garagem e o que fez nos últimos 10 a 12 anos foi apostar não só na sua internacionalização, mas também na inovação e diversificação do produto.” (“Ministro da Economia defende que país deve ‘trabalhar em equipa’” 2013)

3.2. BI-SILQUE – PRODUTOS DE COMUNICAÇÃO VISUAL S.A.

Missão:

“O nosso compromisso é transmitir conhecimento com base em soluções de comunicação visual que antecipam os desafios de mercado pela inovação e flexibilidade, concebidas e entregues por uma equipa de excelência, que permitem atingir níveis elevados de rentabilidade do negócio, assim como promover o desenvolvimento das comunidades onde operamos.” (Manual do Sistema de Gestão, 2014)

Visão:

“Ser líder mundial em comunicação visual que aproxima pessoas ao criar soluções globais e inovadoras que facilitam a comunicação e a transmissão de conhecimento.” (Manual do Sistema de Gestão, 2014)

Pertencente à *holding* Bi-silque SPGS S.A., a Bi-silque – Produtos de Comunicação Visual S.A. é constituída por 2 grandes setores: Bi-casa e Bi-office.

O primeiro concentra as suas linhas de produção em produtos orientados para o uso doméstico (Figura 14), sendo exemplos: *memos* com aro de madeira ou MDF revestido, calendários e relógios de cozinha, porta-fotos, entre outros.



Figura 14: Exemplos de produtos do setor Bi-casa
(Adaptado de: <http://www.organise4home.com>)

Já o setor Bi-office (no qual incide o projeto apresentado) é o setor mais representativo da empresa (cerca de 70% do valor das vendas) e tem como ponto-chave um leque de produtos de comunicação visual com elevada qualidade e design moderno para equipar escritórios de empresa e escritórios em casa (Figura 15).



Figura 15: Exemplos de produtos do setor Bi-office
(Adaptado de: <http://www.bi-office.com>)

3.3. ÁREA DE EMBALAGEM (LINHA *PROCESS*)

A *Process* é a linha mais importante do setor dos alumínio: é onde são montados os quadros com perfil de alumínio de maior dimensão. É subdividida em três partes (abastecimento, montagem e embalagem – vide Anexo A).

Em relação ao projeto considerado, interessa sobretudo apresentar a área de embalagem (Figura 16).



Figura 16: Área de embalagem (*Process*)

Como se visualiza na Figura 17, a área é composta por uma linha em forma de “L” subdividida em quatro postos de trabalho, sendo que, em cada um deles, existem dois operadores dispostos em lados opostos. A esses, acrescenta-se uma nona pessoa que é responsável pela gestão de toda a zona de embalagem.

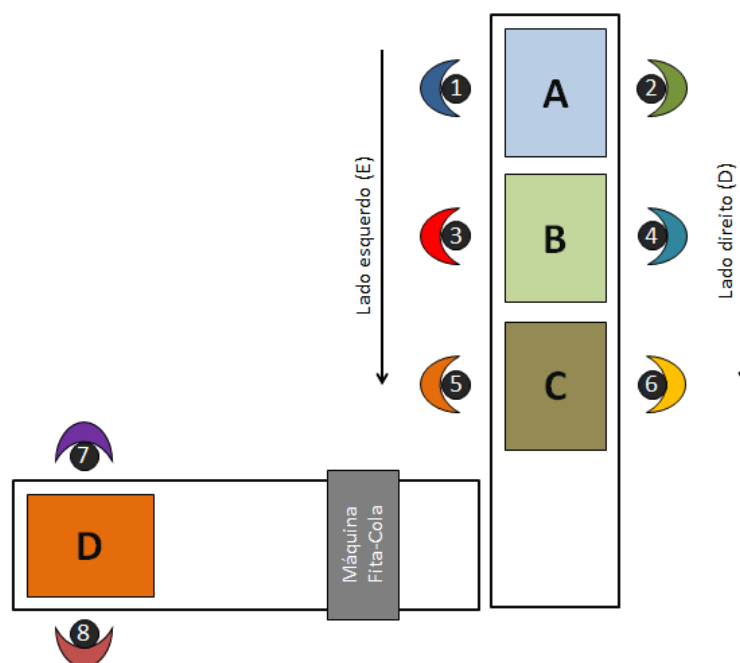


Figura 17: Esquema da linha de embalagem (*Process*)

Habitualmente, são aqui embalados *memos* cujo plano pode ser magnético, cerâmica, cortiça ou alcatifa e cujas dimensões podem ser 180x120cm, 180x90cm e 150x100cm (*memos* montados na *Process*) ou outras dimensões mais reduzidas (*memos* provenientes de outras linhas de montagem).

Dependendo da encomenda e do cliente para o qual se está a embalar, estão presentes duas situações distintas:

- Utilização de duas caixas de cartão com abas;
- Utilização de dois cartões e um aro de madeira.

Independentemente disso, devido ao assincronismo entre o que é montado e o que é embalado, os *memos*, antes de entrar na linha de embalagem, estão normalmente dispostos sobre paletes, sendo os operadores 1 e 3 responsáveis por os colocar em cima do tapete, mais precisamente, no interior da caixa de cartão.

3.4. ÁREA DE MONTAGEM (LINHA 120X90)

A linha 120x90 (Figura 18) é o local onde são montados os *memos* com dimensão 120x90cm. Os mesmos são constituídos por um plano (magnético, cerâmica, cortiça, alcatifa, etc.) e por quatro perfis de alumínio (*Maya*, *Office Depot*, *Universal* ou *New Generation*) ou de plástico.



Figura 18: Área de montagem (linha 120x90)

Em termos de recursos humanos, são quatro os operadores afetos a esta zona de montagem: dois deles alimentam a máquina com perfis, outro alimenta a máquina com planos e um último inspeciona os *memos* à saída da máquina. Em termos de fluxo de processo, pode ser sistematizado da seguinte forma (Figura 19):

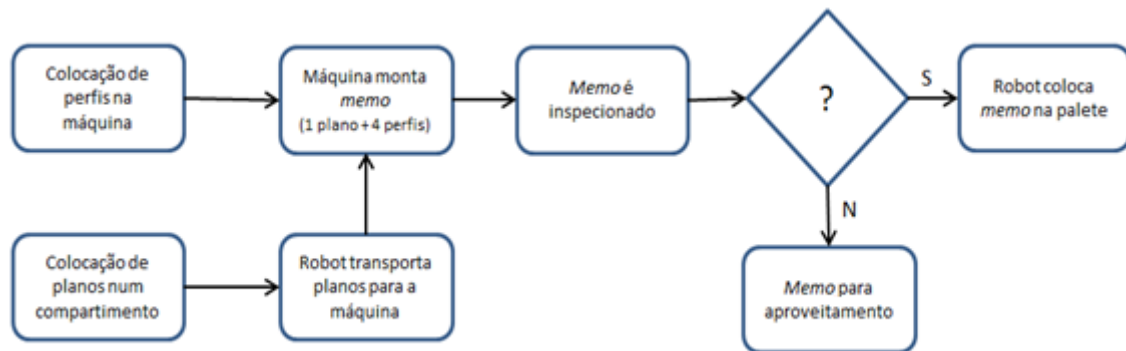


Figura 19: Fluxograma do processo de montagem

3.5. OBJETIVOS E METODOLOGIA DO PROJETO

Em primeira instância, assim como já abordado no capítulo introdutório do presente relatório, o primeiro objetivo do projeto consistiu em incrementar a produtividade na zona de embalagem da linha *Process*. Como meta para o projeto, foi colocada a hipótese de a linha atingir um valor de 36 segundos para o *takt time*, passando a embalar-se 100 *memos* por hora e, por conseguinte, satisfazer mais eficientemente o *output* da zona de montagem.

O segundo objetivo consistiu em melhorar o tempo de *setup* despendido na máquina 120x90. Aqui importa retomar o enquadramento teórico e recordar que o termo *changeover time* refere-se ao intervalo de tempo entre a produção da última peça do lote anterior até à primeira peça com qualidade do lote seguinte, ao passo que o termo *setup time* representa uma das componentes do *changeover time* e diz respeito ao intervalo de tempo necessário para desmontar e montar partes da máquina. Deste modo, se bem que quantificado na medição de tempos, o tempo que ocorre desde que a máquina é ligada até que se produza a primeira peça conforme (*startup time*) não foi um dos objetivos de melhoria estipulados.

Em termos de metodologia do projeto, no que respeita ao problema de balanceamento da linha de embalagem, foram consideradas as seguintes etapas:

1. Diagnóstico da situação atual;
2. Estabilização do processo: ações de melhoria;
3. Solução de balanceamento;
4. Resultados;
5. Simulação em Arena.

No que se refere à aplicação do SMED, foram consideradas as seguintes etapas:

1. Etapa preliminar: *Setup* interno e *setup* externo não se distinguem (corresponde ao diagnóstico da situação atual);
2. Etapa 1: Separação entre *setup* interno e *setup* externo;
3. Etapa 2: Conversão de *setup* interno em *setup* externo;
4. Etapa 3: Melhoria sistemática de todas as operações de *setup*;
5. Resultados.

Apresentada a empresa, as áreas de atuação, os objetivos e metodologia do projeto, será descrito no capítulo seguinte o desenvolvimento do projeto de aumento de produtividade na Bi-silque SPGS, S.A.

4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

4.1. CASO A: BALANCEAMENTO DA LINHA DE EMBALAGEM

Em primeiro lugar, importa explicar que para o projeto em questão não foi tido em conta a utilização de dois cartões e um aro de madeira, ou seja, foi apenas considerada a utilização de duas caixas de cartão com abas (tipo de embalagem mais utilizado). Foi igualmente tido como pressuposto que apenas o *memo* com as maiores dimensões (180x120cm) seria o objeto de análise, tendo como garantia que o número de *memos* embalados por hora para medidas inferiores não seria inferior ao da medida em estudo.

4.1.1. DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL

Através da análise de dados históricos, verificou-se que, nos dois meses anteriores, o *output* (tendo em consideração as dimensões 180x120cm) na linha de embalagem foi de 72 *memos* por hora.

Para completar, e de alguma forma verificar o *output* apresentado, foi elaborada uma listagem (Tabela 1) das tarefas afetas a cada um dos operadores, bem como dos respetivos tempos de operação. Os tempos registados foram obtidos com recurso a um cronómetro e dizem respeito a tempos padrão resultantes da média de um conjunto de 10 observações (valor definido pela Produção). Para o cálculo do tempo normal (TN) foi considerado um fator de desempenho de 1,10 e para o tempo padrão (TP) um fator de compensação de 17% (fadiga e paragens imprevistas). As tabelas completas podem ser consultadas no Anexo B.

Tabela 1: Descrição e duração das tarefas afetas a cada operador

Operador	Tarefa	Descrição	TP (seg)
1	A	Colocar etiqueta no perfil do <i>memo</i>	5,38
	B	Colocar <i>memo</i> em cima do tapete	11,96
	C	Atirar favos de mel pequenos para cima do <i>memo</i> (B)	6,18
	G	Empurrar <i>memo</i> para o posto de trabalho B	5,71
2	D	Colocar caixa de cartão exterior no tapete	15,40
	E	Colocar caixa de cartão interior no tapete	12,83
	F	Atirar favos de mel grandes para cima do <i>memo</i> (B)	5,37

	G	Empurrar <i>memo</i> para o posto de trabalho B	5,71
3	H	Colocar manuais de instrução/limpeza	5,93
	I	Fechar topo da caixa de cartão	9,03
	J	Colocar favos pequenos nas laterais do <i>memo</i>	3,83
	B	Colocar <i>memo</i> em cima do tapete (A)	11,96
	M	Empurrar <i>memo</i> para o posto de trabalho C	5,80
4	K	Colocar acessórios e fechar topo da caixa de cartão	18,95
	L	Colocar favos grandes nas laterais do <i>memo</i>	4,79
	M	Empurrar <i>memo</i> para o posto de trabalho C	5,80
5	N	Ajustar favos e fechar caixa de cartão interior (lado esquerdo)	11,68
	O	Ajustar favos e fechar caixa de cartão interior (lado direito)	10,58
	P	Alinhar caixa de cartão interior com exterior e fechar esta última	10,42
	Q	Colocar fita-cola no topo da caixa	5,10
6	N	Ajustar favos e fechar caixa de cartão interior (lado esquerdo)	11,68
	O	Ajustar favos e fechar caixa de cartão interior (lado direito)	10,58
	P	Alinhar caixa de cartão interior com exterior e fechar esta última	10,42
	Q	Colocar fita-cola no topo da caixa	5,10
	R	Empurrar <i>memo</i> para a máquina de fita-cola automática	6,69
7	S	Virar e colocar embalagem na paleta	7,61
	T	Colar rótulo na embalagem	5,42
8	S	Virar e colocar embalagem na paleta	7,61

Da tabela anterior, constata-se que existem determinadas tarefas que necessitam de ser executadas por dois operadores em simultâneo (caso das tarefas B, G, M, N, O, P e S) e outras que implicam a deslocação do operador para o posto de trabalho vizinho (tarefas B, C e F).

Para se perceber melhor o parágrafo anterior, exibem-se em seguida os diagramas de Gantt relativos a cada posto de trabalho que, para além de ilustrarem as tarefas a ser executadas em simultâneo, ilustram também os tempos de inatividade de cada um dos operadores (Figuras 20, 21, 22 e 23).

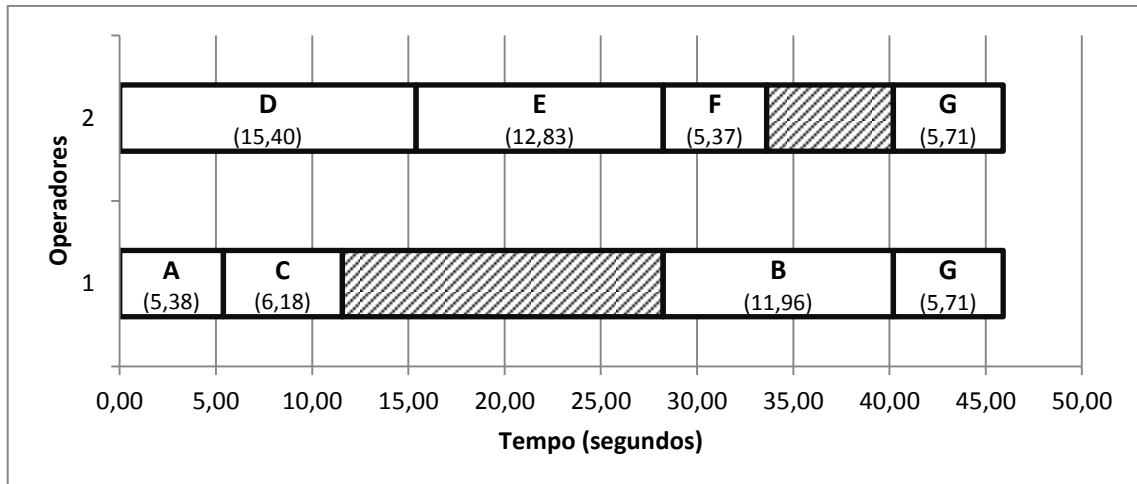


Figura 20: Diagrama de Gantt relativo ao posto de trabalho A

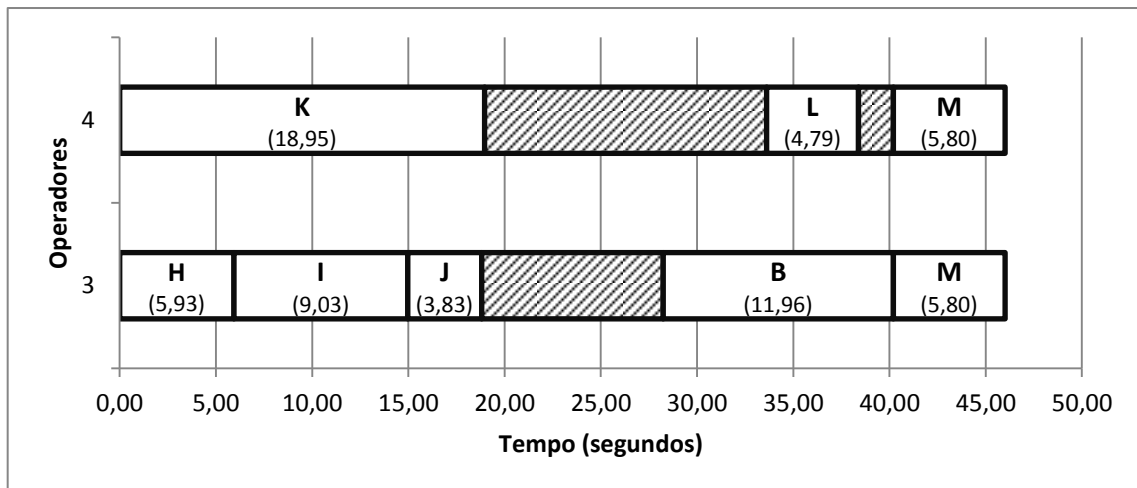


Figura 21: Diagrama de Gantt relativo ao posto de trabalho B

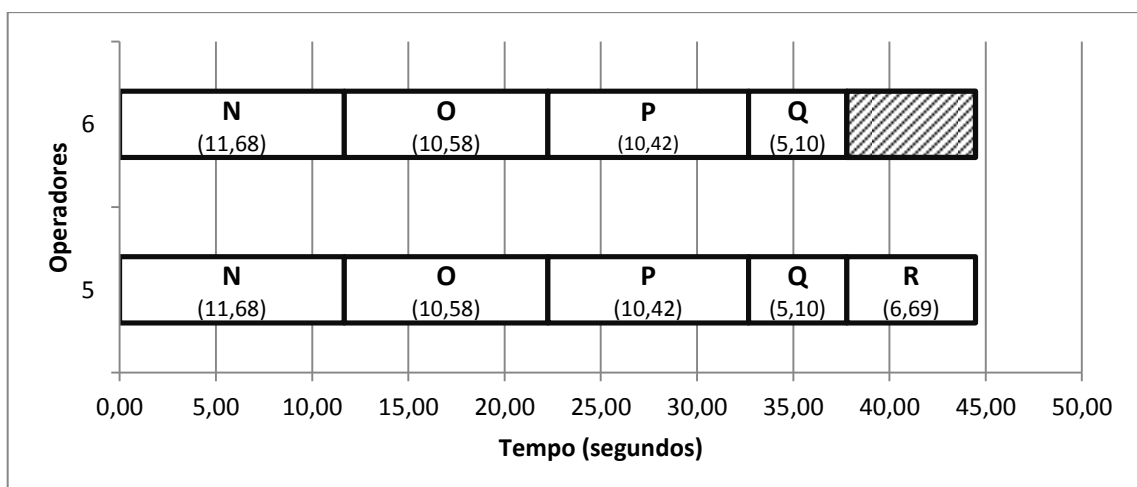


Figura 22: Diagrama de Gantt relativo ao posto de trabalho C

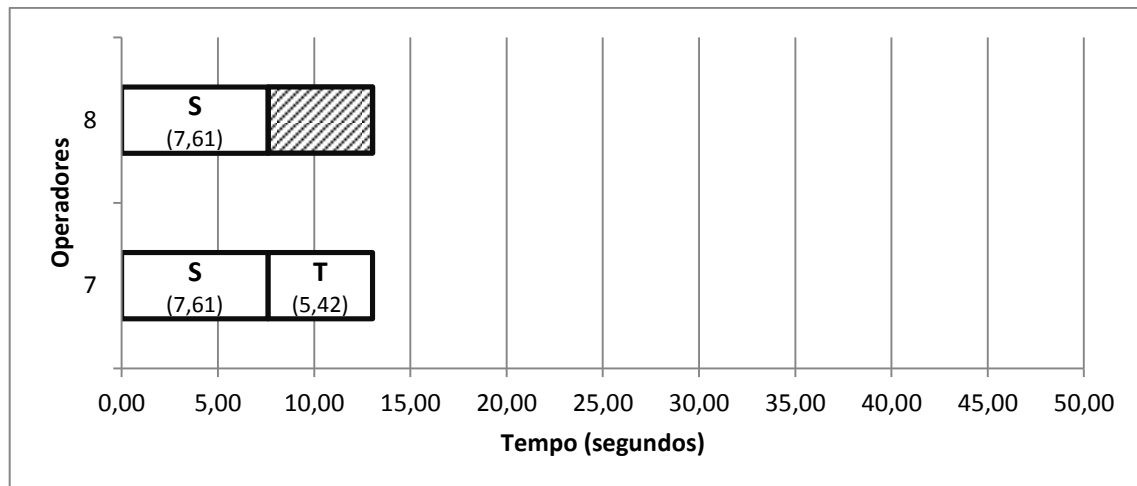


Figura 23: Diagrama de Gantt relativo ao posto de trabalho D

Para sumariar, expõe-se ainda dois gráficos de barras. No primeiro (Figura 24) percebe-se que não existe uma distribuição balanceada da carga de trabalho afeta a cada trabalhador, ao passo que no segundo (Figura 25), embora esteja evidenciado um balanceamento para os postos de trabalho A, B e C, não é possível atingir o valor de *takt-time* estabelecido (36 segundos por *memo*).

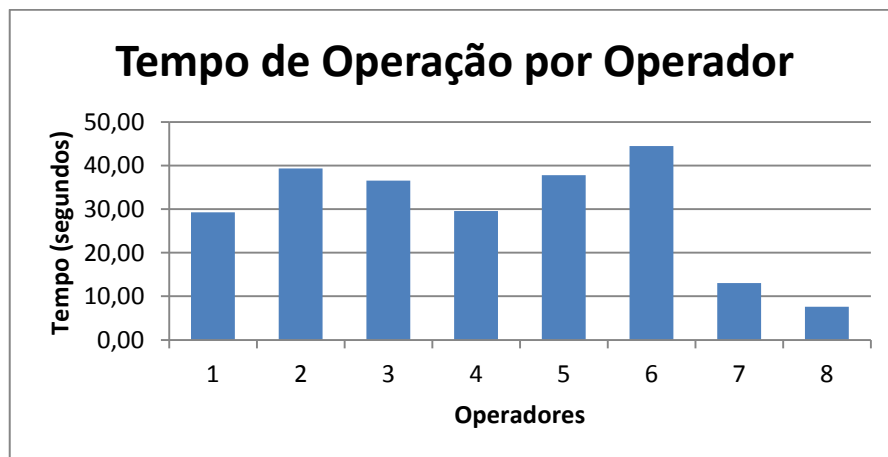


Figura 24: Tempo de operação por operador

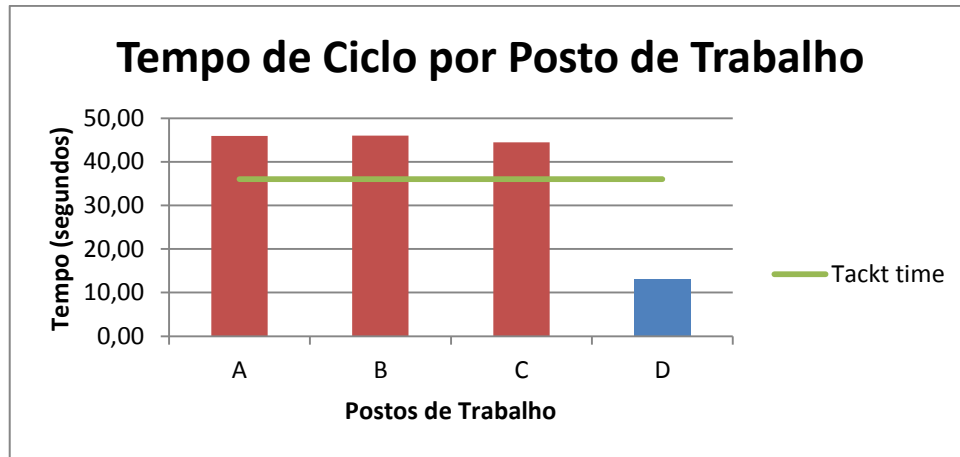


Figura 25: Tempo de ciclo por posto de trabalho

Tendo em apreciação o gráfico anterior, calculou-se que para um tempo de ciclo de 46 segundos (posto de trabalho com maior duração – posto B), o *output* da linha seria de aproximadamente 78 *memos* por hora (próximo dos 72 *memos* por hora retirados a partir de dados históricos).

Outra ilação importante que se pôde retirar do diagnóstico da situação atual diz respeito à ocorrência de tempos improdutivos. Estes podem resultar, não só de paragens não planeadas (obrigavam a interrupções temporárias da linha de embalagem), como também de situações que levem os operadores a demorar mais do que seria suposto na realização de tarefas. Seja como for, os motivos foram identificados (Figura 26) e posteriormente eliminados (ou pelo menos minimizados).

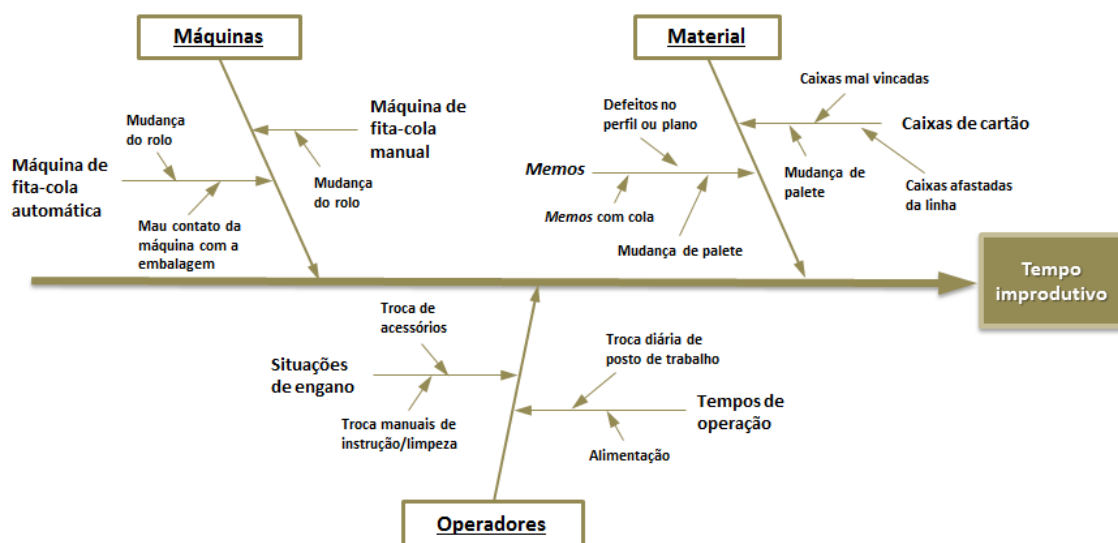


Figura 26: Diagrama de Ishikawa relativo a tempos improdutivos

4.1.2. ESTABILIZAÇÃO DO PROCESSO: AÇÕES DE MELHORIA

Tal como previamente descrito, a linha de embalagem não se encontrava estabilizada, isto é, era significativamente afetada por tempos improdutivos. Em consequência, para além das perdas no número de *memos* embalados, a obtenção de um estímulo e ritmo de trabalho por parte dos operadores afetos à linha não era conseguido.

Em resposta, implementaram-se as seguintes ações:

1. **Problema:** Aparecimento de *memos* com defeito.

Solução: A melhor forma de eliminar o aparecimento deste tipo de defeito na zona de embalagem passou por garantir que o mesmo seria identificado na fase mais a montante do processo. No caso concreto, realizou-se uma ação de formação que envolveu os operadores responsáveis pela montagem dos *memos* e onde foi explicada a importância de impedir o avanço de *memos* defeituosos para as fases mais a jusante. Um caso particular de defeito dizia respeito à quantidade excessiva de cola que aparecia nos *memos* montados manualmente: os mesmos eram montados e colocados sobre uma paleta. Os *memos* colocados na parte posterior da paleta exerciam pressão sobre os *memos* mais abaixo, conduzindo à saída de cola do perfil para o plano. A solução encontrada passou pela construção de um carro com uma estrutura traseira que permitisse o agrupamento vertical dos *memos*.



Figura 27: *Memos* dispostos verticalmente sobre o carro construído

2. **Problema:** Sempre que acabava uma paleta de caixas de cartão, existia uma paragem em toda a linha de embalagem para que os operadores removessem a paleta e restos de cartão.

Solução: Quando restam cerca de meia-dúzia de caixas de cartão na palete, o operador 2 deve retirar essas caixas para o lado e avisar os operadores 7 e 8 (final da linha). Um deles abandona o posto de trabalho e vai remover a palete e restos de cartão.

3. **Problema:** Quando era solicitada uma troca nos *memos* a embalar, nem sempre as caixas de cartão estavam próximas do tapete.

Solução: Passou a ser garantida a presença de um empilhador sempre que necessário. Para tal, sempre que o responsável pela linha constata que faltam poucos *memos* para terminar o lote, avisa de imediato o condutor de um empilhador. Estando o empilhador no local, conta-se o número de caixas de cartão necessárias à finalização do lote e coloca-se as mesmas de lado. Com isso, o empilhador fica agora possibilitado de realizar a troca de caixas atempadamente e sem afetar a produtividade da linha.

4. **Problema:** Troca de rolo nas máquinas de fita-cola manuais.

Solução: Após testar, chegou-se à conclusão que não existia necessidade dos operadores 5 e 6 colocarem fita-cola em ambos os topos da caixa de cartão. A tarefa passou a ser executada exclusivamente pelo operador 5, o qual fecha o topo da caixa que entra na máquina de fita-cola automática. Deste modo, uma vez que existem duas máquinas disponíveis, sempre que termina o rolo numa delas, o operador pega na outra máquina disponível, avisando o responsável da linha para colocar o rolo na máquina entretanto libertada.

5. **Problema:** Favos de mel eram atirados, colocados e ajustados.

Solução: Não há necessidade de realizar três passos diferentes para incorporar favos de mel nas laterais do *memo*. Assim, o operador deixou de atirar os favos de mel para cima do *memo*, colocando-os diretamente no sítio correto. A tarefa relativa a ajustar favos de mel mantém-se no último posto: como são muito leves, basta um simples encosto de caixas para mover os mesmos da sua posição.

6. **Problema:** A forma como se dobravam as caixas de cartão no posto de trabalho C não era a mais correta. Tal como identificado na tabela 2, os operadores 5 e 6 dobravam a caixa de cartão interior do lado esquerdo, seguindo-se a interior do lado direito e, por fim, ambos os lados da caixa exterior.

Solução: Verificou-se que a caixa interior esquerda podia ser fechada em simultâneo com a caixa de cartão exterior esquerda. Para que tal fosse possível, a caixa

interior teria de ser previamente alinhada com a exterior. O mesmo critério foi aplicado ao lado direito da caixa. Conseguiu-se assim uma transformação nas tarefas a realizar e, por conseguinte, uma diminuição no tempo de ciclo do posto de trabalho.

Em suma, a implementação das medidas acima explicadas possibilitou uma redução considerável no surgimento de tempos improdutivos, conduzindo a uma situação de maior estabilidade em toda a linha de embalagem. E foi essa estabilidade que permitiu avançar para o tópico seguinte.

4.1.3. SOLUÇÃO DE BALANCEAMENTO

O próximo passo do estudo consistiu em balancear as tarefas pelos operadores para que o tempo de ciclo não excedesse o *takt time*, 36 segundos. Convém mencionar que o posto de trabalho D encontra-se um pouco afastado dos restantes postos, pelo que os operadores afetos ao mesmo não foram tidos em conta no processo de balanceamento. Em relação a afetar apenas um operador ao posto em questão, tal não é possível, essencialmente por dois motivos: primeiro porque os *memos* são normalmente pesados e um só operador não tem disponibilidade física para colocar o *memo* na palete ao longo de um dia de trabalho completo; segundo, porque quando se termina um lote, um dos operadores tem de transportar a paleta para uma zona exterior à linha e recolocar uma paleta vazia. Se não existissem dois operadores, a linha teria de ficar à espera que o operador ausente retomasse o seu posto de trabalho.

No que à duração das tarefas diz respeito, em consequência das melhorias impostas no tópico anterior, considerou-se um fator de compensação inferior para o tempo padrão (TP), 7%. Além disso, as tarefas C e F desapareceram, ao passo que as tarefas D, E, N, O e P deram, respetivamente, lugar às tarefas:

- D1, “Colocar caixa de cartão exterior no tapete” (as caixas estão mais próximas da linha);
- E1, “Colocar caixa de cartão interior no tapete” (as caixas estão mais próximas da linha);
- N1, “Ajustar favos e fechar caixas de cartão (lado esquerdo)”;
- O1, “Ajustar favos e fechar caixas de cartão (lado direito)”;
- P1, “Alinhar caixa de cartão interior com exterior”.

Para as tarefas anteriores foram cronometrados novos tempos (Tabela 2), ao passo que para as restantes foi apenas recalculado o tempo padrão (TP) – vide tabela completa no Anexo B.

Tabela 2: Tempos revistos das tarefas afetas a cada operador

Tarefa	TP (seg)	Tarefa	TP (seg)	Tarefa	TP (seg)
A	4,92	I	8,26	O1	8,18
B	10,94	J	3,51	P1	4,46
D1	9,55	K	17,33	Q	4,67
E1	7,17	L	4,38	R	6,11
G	5,22	M	5,30	S	6,96
H	5,43	N1	10,42	T	4,96

Considerando as tarefas identificadas acima, foi elaborado o respetivo diagrama de precedências (Figura 28).

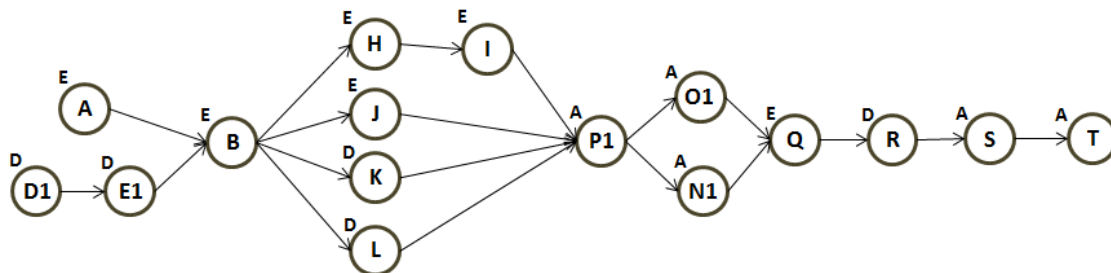


Figura 28: Diagrama de precedências das tarefas identificadas

Como se visualiza, há um conjunto de tarefas que tem de ser executado do lado esquerdo da linha (E), outras do lado direito (D) e ainda outras em simultâneo nos dois lados da linha (A). A tarefa B, além de ser executada no lado esquerdo da linha, necessita de dois operadores para a completar. É igualmente de notar que as tarefas G e M correspondem à deslocação do *memo* do posto A para o B e do B para o C, respetivamente, não estando por isso ilustradas no diagrama.

A etapa seguinte consistiu em afetar as tarefas disponíveis aos operadores alocados a cada posto de trabalho. Para se cumprir com o *takt time*, cada posto deveria possuir um tempo disponível máximo de 36 segundos. Contudo, subtraindo o tempo de empurrar o

memo de um posto para o outro, restam 30,78 segundos para o posto A e 30,70 segundos para o posto B. Obteve-se o seguinte (Tabela 3):

Tabela 3: Elaboração do balanceamento da linha de montagem

PT	Tempo	Lado esquerdo	Lado direito
A	0	A	D1
	4,92	J (B)	E1
	8,43	Tarefas não disponíveis devido a interferência	-
	16,72	B	L (B)
	21,10	-	Tarefas não disponíveis devido a interferência
	27,66	Tarefas não disponíveis devido a restrição de tempo	Tarefas não disponíveis devido a restrição de tempo
	-	G	G
	32,88	-	-
B	0	H	K
	5,43	I	-
	13,69	Tarefas não disponíveis devido a interferência	-
	16,72	B (A)	-
	17,33	-	Tarefas não disponíveis devido a interferência
	27,66	Tarefas não disponíveis devido a restrição de tempo	Tarefas não disponíveis devido a restrição de tempo
	-	M	M
	32,96	-	-
C	0	P1	P1
	4,46	N1	N1
	14,88	O1	O1
	23,06	Q	Tarefas não disponíveis devido a interferência
	27,73	Tarefas não disponíveis devido a interferência	R
	33,84	<u>Solução completa!</u>	

Como se pode verificar, as tarefas J e L não respeitam o diagrama de precedências. Contudo, uma vez que os favos de mel estão armazenados num suporte junto ao posto de trabalho A (Figura 29) e os operadores 1 e 2 têm liberdade e tempo disponível para realizar essas tarefas no posto de trabalho B, as mesmas foram-lhes atribuídas.

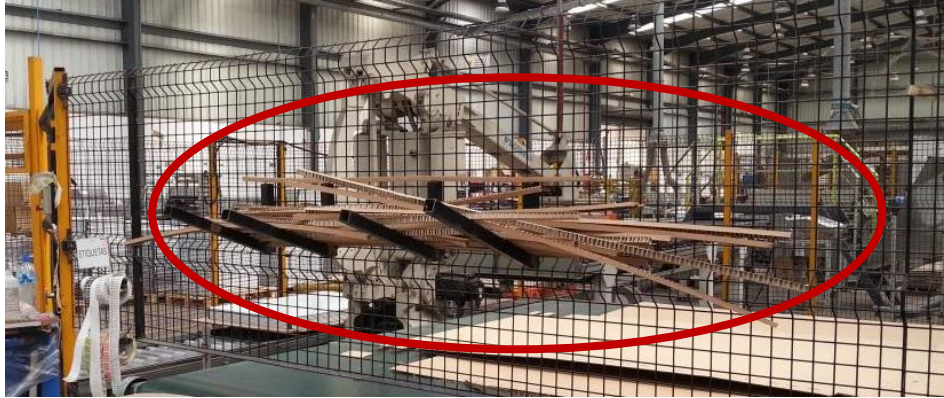


Figura 29: Favos de mel colocados no suporte

Da aplicação do balanceamento, resultaram novos gráficos para o tempo de operação por operador (Figura 30) e para o tempo de ciclo por posto de trabalho (Figura 31).

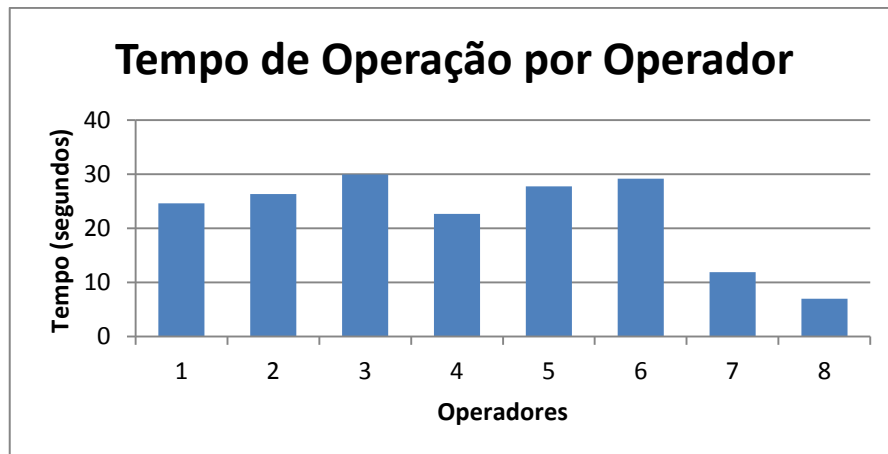


Figura 30: Tempo de ciclo por operador (novo)

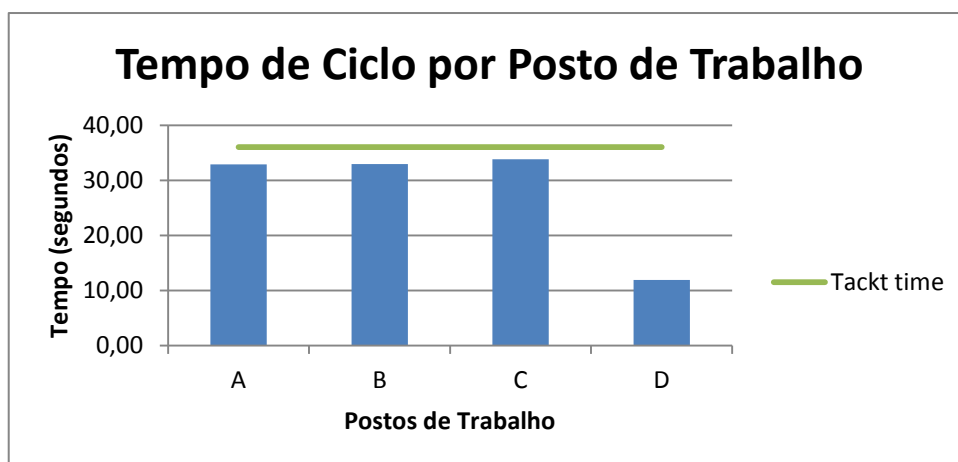


Figura 31: Tempo de ciclo por posto de trabalho (novo)

Da análise do primeiro gráfico é possível identificar uma melhor distribuição nos tempos de operação de cada operador (exceto operadores 7 e 8). Já no segundo gráfico, verifica-se que não só foi mantido o balanceamento entre os postos de trabalho A, B e C, como também se tornou possível satisfazer o *takt time*.

A partir dos dados obtidos anteriormente, calculou-se que para um tempo de ciclo de 33,84 segundos (posto de trabalho com maior duração – posto C), o *output* da linha rondaria os 106 *memos* por hora, representando, por isso, uma melhoria de cerca de 47% face à situação de partida.

4.1.4. RESULTADOS

A implementação de melhorias na *Process* foi sendo traduzida em valores semanais, representados na Figura 32.

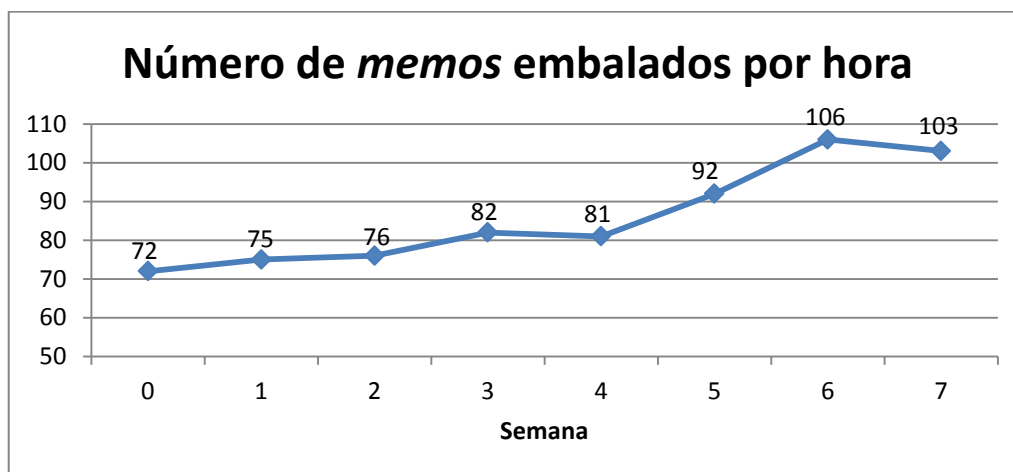


Figura 32: Evolução semanal do número de *memos* embalados por hora

Como demonstrado no gráfico acima apresentado, registou-se uma tendência crescente no número de *memos* embalados no decorrer do tempo de intervenção. Tendo como variáveis o número de *memos* embalados na semana zero (72) e o número de *memos* embalados na última semana (103), conclui-se um acréscimo de 43% na produtividade da linha em apreciação. A linha tornou-se, portanto, mais eficiente e, como consequências principais, verificou-se uma redução na quantidade de *stocks* intermédios e, embora não quantificado, um decréscimo nos custos de armazenamento de produto intermédio.

4.1.5. SIMULAÇÃO EM ARENA

Um dos desperdícios que parece mais evidente na linha de embalagem está relacionado com a baixa taxa de utilização do *robot* colocado imediatamente antes da linha (vide anexo A). Atualmente, o *robot* pega nos *memos* provenientes da linha de montagem e coloca-os numa paleta. Tal acontece porque a montagem não está nivelada com a embalagem, isto é, os produtos que se estão a produzir na zona de montagem não são necessariamente os que necessitam de ser embalados no imediato.

Partindo desse fraco aproveitamento do *robot*, com recurso ao *software* Arena¹, foi simulado um cenário hipotético: imagine-se que os responsáveis de produção garantiam que o material a embalar provinha diretamente da linha de montagem. Se assim fosse, o *robot* poderia pegar e colocar o *memo* diretamente na linha de embalagem. Contudo, há um conjunto de pressupostos que não podem ser desprezados:

- 1) Os operadores 1 e 3 deixariam de colocar o *memo* no tapete a partir do chão;
- 2) Os operadores 1 e 2 teriam de girar o *memo* à saída do *robot*;
- 3) O desenho da linha poderia ser alterado para um *layout* em U (Figura 33), uma vez que deixando de existir paletes com *memos* atrás dos operadores 1 e 3, aliado ao tempo inativo do operador 1, seria possível que o mesmo, além das suas tarefas, desempenhasse a função do operador 8.
- 4) Como contrapartida, a produção teria de ser interrompida sempre que fosse necessário trocar uma paleta de caixas de cartão (melhoria implementada no ponto 2 do tópico “estabilização do processo: ações de melhoria”), bem como no momento em que se terminasse um lote de *memos* e o operador 7 tivesse de os transportar para o exterior da linha.
- 5) O transporte de *memos* entre postos de trabalho passaria a acontecer com recurso a tapetes rolantes.

¹ Arena é um *software* de simulação adquirido pelo Rockwell Automation em 2000. Permite simular processos de negócio, respondendo a questões “what-if” sem interferir com os processos atuais (<http://www.arenasimulation.com/>)

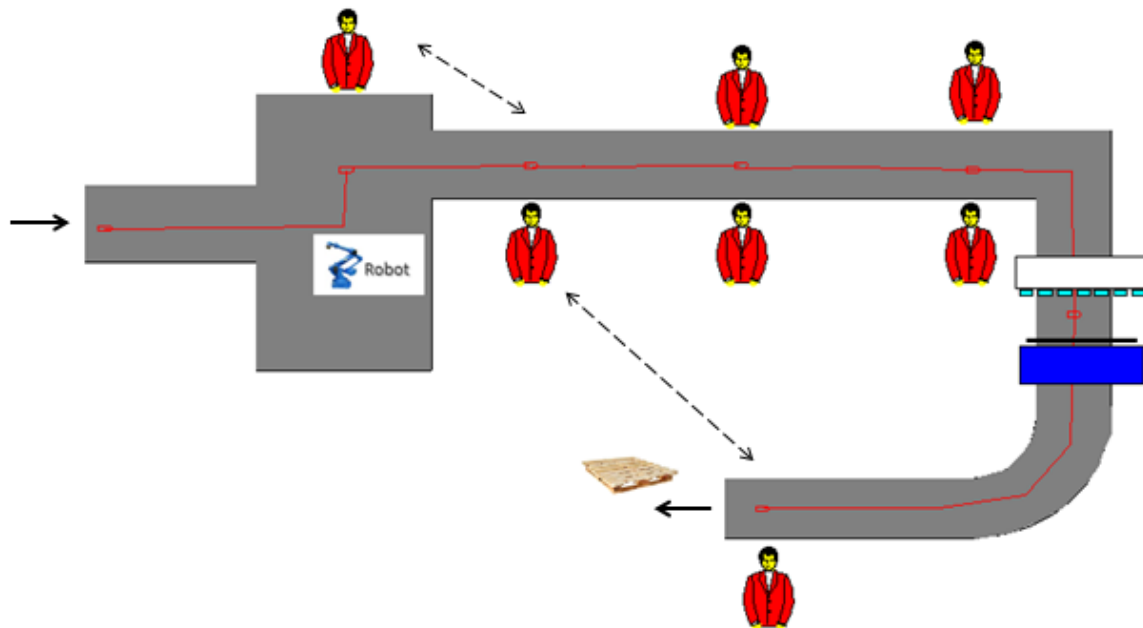


Figura 33: Nova configuração da linha de embalagem

Neste novo cenário, os *memos* provenientes da zona de montagem continuam a aproximar-se do *robot*. No local, encontra-se o operador 2 que coloca as caixas de cartão exterior e interior no tapete [$14 + 2.96 * \text{BETA}(0.655, 0.962)$ segundos] (Figura 34). Posto isso, ao contrário do que se sucedia anteriormente, o *robot* coloca o *memo* diretamente na caixa interior que segue para o primeiro posto de trabalho.

Figura 34: *Process* - exemplo de um módulo do Arena

O operador 1 cola uma etiqueta no perfil do *memo* [$3.03 + 2.43 * \text{BETA}(1.16, 0.793)$ segundos] e, juntamente com o operador 2, faz girar o *memo* 180° no sentido vertical, colocando-o com a parte frontal voltada para baixo [TRIA (5, 6, 7) segundos]. O operador 2 fica livre para repor caixas de cartão junto do *robot*, ao passo que o operador 1 se desloca para a parte terminal da linha para ajudar o operador 7.

No segundo posto de trabalho, as tarefas mantêm-se, com a exceção do operador 3 que, respeitando o pressuposto número um, demora menos tempo na realização das suas tarefas [operador 3 – UNIF(14, 17.4) segundos; operador 4 – UNIF(14, 17.4) segundos e $3.22 + 1.35 * \text{BETA}(1.26, 0.982)$ segundos].

Em relação ao terceiro posto de trabalho, os operadores 5 e 6 fecham as caixas de cartão [UNIF(19, 22.6) segundos] e o operador 5, tal como anteriormente, coloca fita-cola no topo da caixa [$3.16 + 2.33 * \text{BETA}(0.736, 0.845)$ segundos].

Seguidamente, o *memo* passa pela máquina de fita-cola automática e chega ao posto de trabalho final, onde os operadores 7 e 1 são os responsáveis pela colocação do mesmo sobre a paleta [UNIF(5.31, 7.33) segundos]. Enquanto o operador 1 fica livre para voltar ao seu posto inicial, o operador 7 tem ainda de colocar um rótulo na parte exterior da embalagem [$4.33 + 1.87 * \text{BETA}(1.66, 0.868)$ segundos].

Deste modo, tendo por base o que foi explicado nos parágrafos anteriores, o processo foi modelado (vide anexo C) e simulado ao longo de uma hora de trabalho (20 replicações), a partir da qual se registou um *output* de 119 *memos* por hora.

Outro aspeto importante do estudo de simulação diz respeito à taxa de utilização dos recursos envolvidos, os quais se apresentam em seguida (Tabela 4).

Tabela 4: Taxa de utilização afeta a cada recurso

Recurso	Taxa de Utilização (%)
Operador 1	[93.00 ; 96.30]
Operador 2	[76.64 ; 78.87]
Operador 3	[54.17 ; 57.41]
Operador 4	[67.99 ; 71.68]
Operador 5	[85.55 ; 89.36]
Operador 6	[71.51 ; 74.43]
Operador 7	[37.36 ; 40.36]

Robot	[14.44 ; 14.89]
Máquina Fita-Cola	[13.33 ; 14.11]

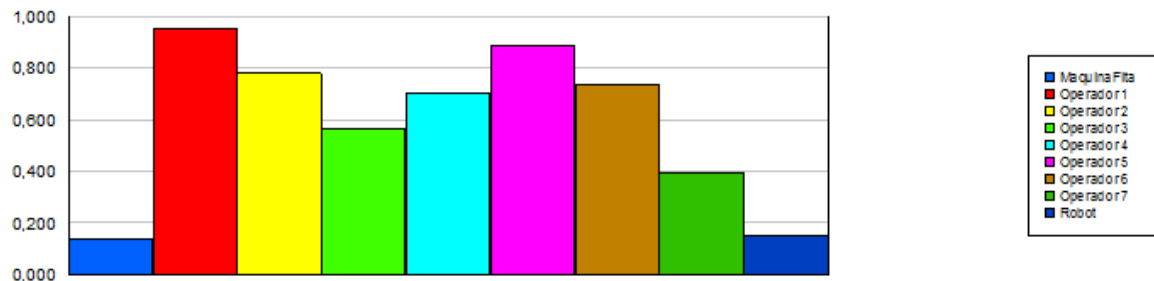


Figura 35: Taxa de utilização afeta a cada recurso

Como se visualiza na Figura 35, o operador 1 apresenta a taxa de utilização mais elevada, uma vez que é responsável por realizar tarefas em dois postos de trabalho distintos. Pelo contrário, o operador 7 continua responsável por tarefas de curta duração e, por isso, a sua taxa de utilização é reduzida.

Para concluir, não é demais relembrar que face a este cenário hipotético, embora evidencie uma pequena taxa de utilização, o *robot* teria um aproveitamento significativamente superior, nomeadamente na salvaguarda da condição física dos operadores 1 e 3 que, atualmente, colocam manualmente o *memo* sobre as caixas de cartão. Além disso, face ao cenário atual (vide gráfico da figura 31), originar-se-ia um pequeno acréscimo de aproximadamente 15% na produtividade, o que à partida não parece muito relevante. Porém, se for tido em conta o facto de que o cenário simulado trabalharia com menos um operador, a produtividade por operador poderia ser incrementada em cerca de 32%, valor bem mais significativo.

4.2. CASO B: APLICAÇÃO DO SMED

Em primeiro lugar, tal como já mencionado no capítulo 3, a metodologia SMED foi aplicada à máquina de montagem 120x90 e teve por base as quatro etapas propostas por Shigeo Shingo no seu livro de referência “*A revolution in manufacturing: the SMED system*”. O primeiro estágio corresponde à situação atual e é descrito em seguida.

4.2.1. ETAPA PRELIMINAR: *SETUP* INTERNO E *SETUP* EXTERNO NÃO SE DISTINGUEM

Nesta primeira fase da metodologia, com recurso a duas câmaras de filmar (uma por operador), foi possível identificar as tarefas afetas a ambos no processo de *setup*, os tempos de operação respetivos e ainda classificar todas as tarefas como “I” (internas - têm de ser realizadas com a máquina parada) ou “E” (externas - podem ser realizadas com a máquina em funcionamento).

Por uma questão de facilitar a atribuição dos nomes às tarefas, a máquina foi dividida em quatro lados (1 a 4) e em quatro cantos (A a D). Quando é referido, por exemplo, “1A” significa que algo acontece no lado 1 da máquina, no canto A (Figura 36).

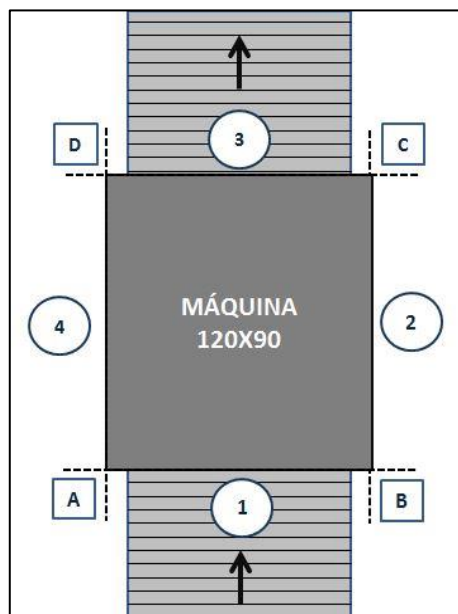


Figura 36: Esquema da máquina de montagem 120x90

Tabela 5: Descrição, duração e tipologia das tarefas afetas ao operador 1

Tarefa nº	Descrição	Tempo	Tipo
1.	Retirar perfis do alimentador da máquina (lado 1)	00:05	I
2.	Transportar perfis para o carrinho	00:12	I
3.	Retirar perfis do alimentador da máquina (lado 2)	00:19	I
4.	Transportar perfis para o carrinho	00:28	I
5.	Limpar a máquina com ar comprimido e remover eventuais restos de cola	02:04	I
6.	Ir ao carrinho buscar 4 perfis de ajuste	02:19	E
7.	Ir à caixa de ferramentas buscar uma chave de porcas (tamanho 13)	02:28	E
8.	Colocar perfil de ajuste e ajustar porcas em 3D	03:09	I
9.	Colocar perfil e ajustar porcas em 4D	03:45	I
10.	Ajustar porcas em 4A	04:10	I
11.	Colocar perfil e ajustar porcas em 1A	04:53	I
12.	Ajustar porcas em 1B	05:29	I
13.	Colocar perfil e ajustar porcas em 2B	06:29	I
14.	Ajustar porcas em 2C	06:58	I
15.	Ajustar porcas em 3C	07:16	I
16.	Ir ao carrinho buscar perfis para alimentar a máquina (lado 3)	07:33	I
17.	Ir ao carrinho buscar perfis para alimentar a máquina (lado 1)	07:51	I
18.	Colocar perfis no alimentador 3 (inclui colocar etiquetas <i>Office Depot</i>)	11:27	I
19.	Configurar computador	11:45	I
20.	Ligar máquina	11:51	I
21.	Realizar pequenos ajustes até que se produza um <i>memo</i> conforme	14:45	I

Tabela 6: Descrição, duração e tipologia das tarefas afetas ao operador 2

Tarefa nº	Descrição	Tempo	Tipo
1.	Retirar perfis do alimentador da máquina (lado 4)	00:10	I
2.	Transportar perfis para o carrinho	00:22	I
3.	Retirar perfis do alimentador da máquina (lado 3)	00:31	I
4.	Transportar perfis para o carrinho	00:46	I
5.	Ir à caixa de ferramentas buscar chave de fenda em forma sextavada	01:00	E
6.	Ir à caixa de empurradores buscar novos empurradores	01:28	E

7.	Desapertar empurrador em 3D	01:57	I
8.	Apertar novo empurrador em 3D	02:31	I
9.	Desapertar empurrador em 1A	02:56	I
10.	Apertar novo empurrador em 1A	03:35	I
11.	Desapertar empurrador em 1B	04:03	I
12.	Apertar novo empurrador em 1B	04:37	I
13.	Desapertar empurrador em 3C	04:59	I
14.	Apertar novo empurrador em 3C	05:42	I
15.	Levar chave de fenda para a caixa de ferramentas	05:57	E
16.	Levar empurradores para a caixa respetiva	06:06	E
17.	Ir ao carrinho buscar perfis para alimentar máquina (lado 4)	06:29	I
18.	Colocar perfis no alimentador 4	07:58	I
19.	Ir ao carrinho buscar perfis para alimentar máquina (lado 2)	08:17	I
20.	Colocar perfis no alimentador 2	09:25	I
21.	Colocar perfis no alimentador 1	10:48	I

Pela análise das tabelas acima apresentadas, verifica-se que o tempo de *setup* resultante da observação foi de 11:51 minutos. Repare-se que o operador 1 realiza uma tarefa que diz respeito a ajustes necessários até que se produza uma peça com qualidade, resultando um tempo de *changeover* de 14:45 minutos. Porém, como já atrás alertado, para o caso de estudo apenas interessou o tempo de *setup*, sendo esse o valor que será tido em conta daqui para a frente.

Em ambas as tabelas, estão identificadas algumas tarefas que deveriam ser realizadas com a máquina em funcionamento (tarefas externas), sendo esse o objetivo primordial no próximo passo da metodologia. No entanto, é relevante referir que, embora as tarefas 2, 4, 16 e 17 (Tabela 5) e 2, 4, 17 e 19 (Tabela 6) sejam de transporte, estão categorizadas como internas, já que manter os perfis junto da máquina (pela sua dimensão e quantidade) iria atrapalhar o processo de *setup*. Puderam, mesmo assim, ser minimizadas (mais à frente no processo).

Outro fator tido em conta nesta primeira fase disse respeito ao estudo das movimentações realizadas pelos operadores. A maneira mais fácil de as ilustrar é com recurso a diagramas de *spaghetti* (Figuras 37 e 38).

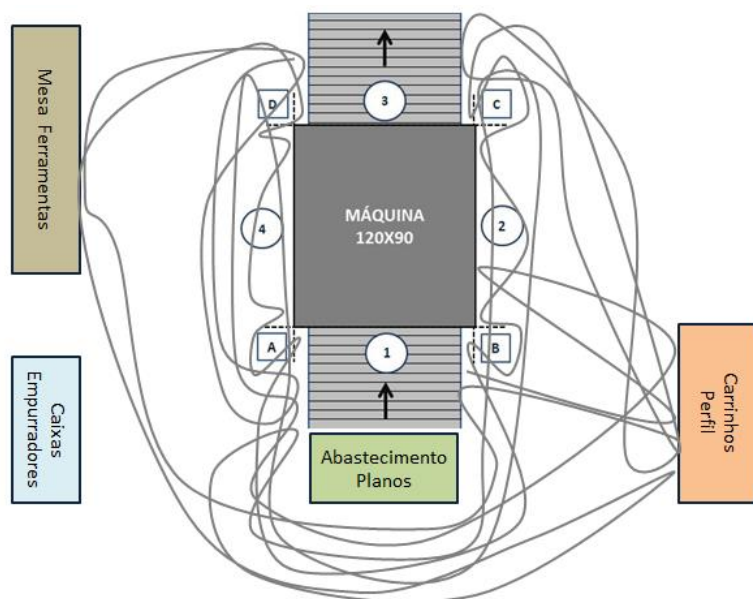


Figura 37: Diagrama de *spaghetti* relativo ao operador 1

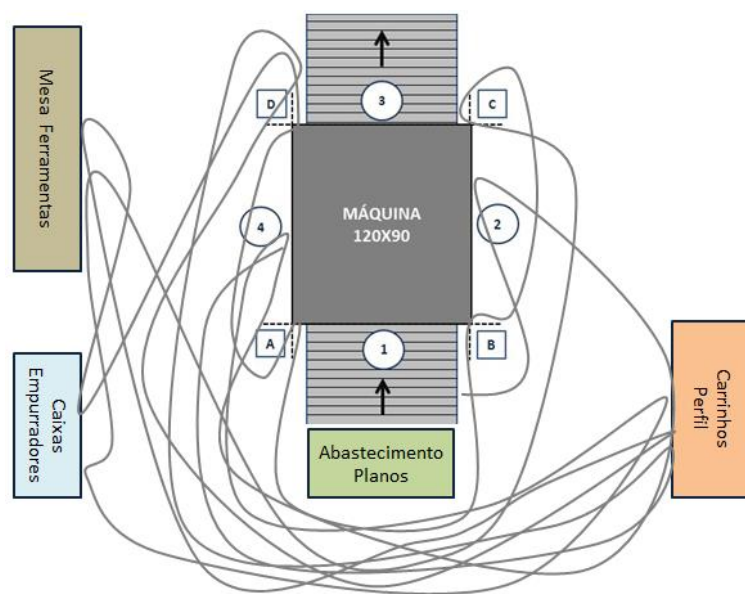


Figura 38: Diagrama de *spaghetti* relativo ao operador 2

Como demonstrado, o número de movimentações realizado por ambos os operadores era significativo e deveria ser reduzido.

4.2.2. ETAPA 1: SEPARAÇÃO ENTRE *SETUP* INTERNO E *SETUP* EXTERNO

Com a categorização das tarefas em internas ou externas e a consequente realização das últimas com a máquina em funcionamento, torna-se possível uma redução no tempo de *setup* que, segundo Shingo (1985) pode atingir os 30-50%.

Em relação ao caso em estudo, o tempo correspondente à realização de tarefas externas não era muito elevado, sendo que, com esta separação, obteve-se uma redução de 3,4% no tempo afeto ao operador 1 e uma redução de 10,19% no tempo afeto ao operador 2 (Figura 39).

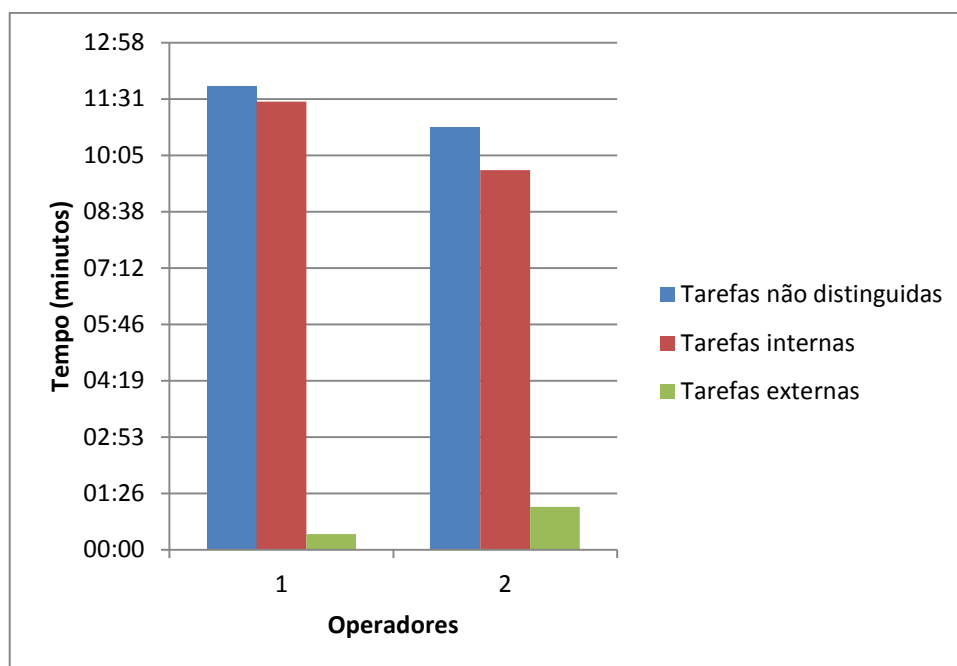


Figura 39: Impacto da separação entre *setup* interno e *setup* externo

4.2.3. ETAPA 2: CONVERSÃO DE *SETUP* INTERNO EM *SETUP* EXTERNO

i. Remoção e colocação de perfis nos alimentadores:

À medida que a máquina vai produzindo, os operadores vão colocando perfis nos alimentadores da mesma, mantendo-os quase sempre próximos da sua capacidade máxima. O inconveniente deste tipo de abordagem ocorria sempre que se tornava necessária a substituição de perfis (neste caso em particular, *Maya* para *Office Depot*, ou vice-versa).

O primeiro problema dizia respeito à remoção de perfis dos alimentadores: a mesma acontecia somente quando a máquina era parada e, por isso, quantos mais perfis estivessem na máquina, maior seria o tempo necessário para cumprir essa tarefa.

Salvo raras exceções, os operadores da linha sabem o que vão produzir em seguida. Além disso, a máquina possui um computador que informa o operador do número de quadros que resta até completar o lote em produção. Desta forma, tornou-se possível que os operadores, verificando que o lote estaria em vias de ser concluído, iniciassem a remoção dos perfis dos alimentadores ou, se percebessem que a produção do lote estava próxima do fim, não alimentassem a máquina até à sua capacidade máxima. Feito isso, previu-se que a tarefa “retirar perfis do alimentador da máquina (lado n)” pudesse sofrer uma redução na ordem dos 33%, ou seja, quatro segundos por alimentador.

Por outro lado, após a troca de empurradores e ajuste das barras dos alimentadores, os operadores não deveriam abastecer os alimentadores até à sua capacidade máxima, pelo menos no imediato. Para que a máquina funcione, apenas é necessário que o número de perfis esteja acima de um sensor disposto a sensivelmente 20% da altura dos alimentadores. Por conseguinte, e por forma a garantir uma margem de segurança, os operadores deveriam colocar perfis nos alimentadores até mais ou menos 50% da sua capacidade e, quando a máquina estivesse em funcionamento, retomar com a alimentação normal. Com esta conversão parcial de tarefa interna em externa, estimou-se uma redução na casa dos 50%, isto é, quarenta segundos por alimentador.

ii. Colocação de etiquetas no perfil:

Tal como exibido na tabela 5, a tarefa “colocar perfis no alimentador 3 (inclui colocar etiquetas *Office Depot*)” evidencia um tempo de execução de 03:36 minutos, o que representa cerca de 24% do tempo total despendido pelo operador 1 na mudança de ferramentas.

A solução encontrada para atenuar esse tempo consistiu em realizar parte da tarefa com a máquina em funcionamento. No caso, uma vez que nem sempre há a necessidade de todos os operadores estarem a abastecer a máquina com perfis e/ou planos, o operador que estivesse livre deveria ir colocando etiquetas num conjunto de perfis diferentes dos que estavam a ser utilizados para que, quando a alteração para os novos perfis fosse requerida, não se perdesse muito tempo com essa atividade.

Da aplicação da solução descrita anteriormente, estimou-se uma diminuição de 02:16 minutos, à qual se incrementou um decréscimo de 00:40 minutos pela melhoria mencionada no tópico “i”. Em suma, obteve-se uma redução total de 81% (02:56 minutos) na tarefa em apreciação.

4.2.4. ETAPA 3: MELHORIA SISTEMÁTICA DE TODAS AS OPERAÇÕES DE *SETUP*

i. Redução de tarefas internas:

- ✓ Transporte de perfis da máquina para o carrinho (e vice-versa):

Tal como já explicado anteriormente, não foi possível categorizar a tarefa de transporte como externa. Contudo, no sentido de atenuar o seu efeito no processo de *setup*, foi construído um carro (Figura 40) que deverá permanecer próximo da caixa de ferramentas. O carro tem como função servir as zonas 3 e 4 (são as zonas mais afastadas dos carrinhos de perfil – vide figuras 34 ou 35) e está dividido em quatro compartimentos: dois deles armazenam perfis *Maya* (120cm e 90cm) e os outros dois perfis *Office Depot* (120cm e 90cm).



Figura 40: Carrinho para abastecer zonas 3 e 4 da máquina

A título de exemplo, suponhamos que a mudança vai ocorrer de *Maya* para *Office Depot*. O carrinho deve encontrar-se com os compartimentos *Office Depot* cheios e os compartimentos *Maya* vazios. Deste modo, os perfis que são retirados dos alimentadores

3 e 4 podem ser diretamente colocados neste novo carrinho e os perfis *Office Depot* podem ser utilizados para alimentar as zonas anteriormente mencionadas.

✓ Introdução de mais uma pessoa no processo de *setup*:

Segundo Suzaki (2010), uma das formas mais eficientes de reduzir o *setup* interno diz respeito à inclusão de uma pessoa como ajuda adicional.

Assim, e uma vez que na linha existia um terceiro elemento que durante o período de *setup* tinha exclusivamente como função abastecer a máquina com planos (demora aproximadamente três minutos a cumprir a tarefa), definiu-se que o mesmo deveria contribuir na mudança de ferramentas.

Procedeu-se então ao balanceamento das tarefas internas pelos três operadores. Há que ter em consideração que nesta fase foram já contabilizadas as melhorias descritas nos estágios anteriores (Tabelas 7, 8 e 9).

Tabela 7: Descrição e duração das tarefas afetas ao operador 1 (novo)

Tarefa nº	Descrição	Tempo
1.	Limpar a máquina com ar comprimido e remover eventuais restos de cola	01:36
2.	Colocar perfil de ajuste e ajustar porcas em 3D	02:21
3.	Colocar perfil e ajustar porcas em 4D	03:06
4.	Ajustar porcas em 4A	03:33
5.	Colocar perfil e ajustar porcas em 1A	04:18
6.	Ir ao carrinho buscar perfis para alimentar a máquina (lado 3)	04:27
7.	Colocar perfis no alimentador 3	05:07
8.	Ir ao carrinho buscar perfis para alimentar a máquina (lado 4)	05:16
9.	Colocar perfis no alimentador 4	05:56
10.	Configurar computador	06:14
11.	Ligar máquina	06:20

Tabela 8: Descrição e duração das tarefas afetas ao operador 2 (novo)

Tarefa nº	Descrição	Tempo
1.	Retirar perfis da do alimentador da máquina (lado 1)	00:07
2.	Transportar perfis para o carrinho	00:13
3.	Retirar perfis do alimentador da máquina (lado 2)	00:20
4.	Transportar perfis para o carrinho	00:26
5.	Desapertar empurrador em 1B	00:52
6.	Apertar empurrador em 1B	01:30
7.	Desapertar empurrador em 3C	01:56
8.	Apertar empurrador em 3C	02:34
9.	Ajustar porcas em 3C	03:01
10.	Colocar perfil e ajustar porcas em 2C	03:46
11.	Ajustar porcas em 2B	04:13
12.	Ajustar porcas em 1B	04:40
13.	Ir ao carrinho buscar perfis para alimentar máquina (lado 1)	04:49
14.	Colocar perfis no alimentador 1	05:29
15.	Ir ao carrinho buscar perfis para alimentar máquina (lado 2)	05:38
16.	Colocar perfis no alimentador 2	06:18

Tabela 9: Descrição e duração das tarefas afetas ao operador 3 (novo)

Tarefa nº	Descrição	Tempo
1.	Retirar perfis do alimentador da máquina (lado 3)	00:07
2.	Transportar perfis para o carrinho	00:13
3.	Retirar perfis do alimentador da máquina (lado 4)	00:20
4.	Transportar perfis para o carrinho	00:26
5.	Desapertar empurrador em 3D	00:52
6.	Apertar empurrador em 3D	01:30
7.	Desapertar empurrador em 1A	01:56
8.	Apertar empurrador em 1A	02:34
9.	Colocar planos	05:34

Como se pode apurar pelas tabelas anteriores, o tempo de *setup* passou para os 06:20 minutos (Tabela 7), registrando-se por isso uma diminuição de aproximadamente 47% face ao início do SMED.

✓ Redefinição da forma como são retirados e colocados os empurradores:

Os empurradores estão presos à máquina através de dois parafusos. Por conseguinte, é necessária uma chave de fendas para desapertar e apertar esses parafusos, o que torna a tarefa demorada. A primeira ideia seria substituir os dois parafusos por dois carris e dois ferros: o empurrador simplesmente encaixaria nos carris e os ferros evitariam que o empurrador se movesse para a frente ou para trás (Figura 41).

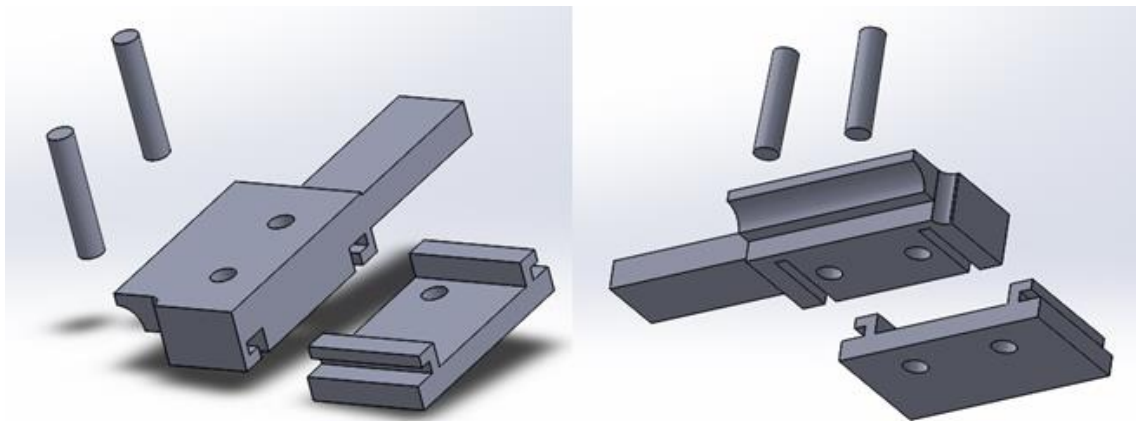


Figura 41: Desenho da primeira ideia (Solidworks 2012-2013)

A ideia não pôde ser aplicada, uma vez que exige que o empurrador seja encaixado numa posição pré-estabelecida. A máquina em análise foi construída para montar um determinado leque de produtos e, posteriormente, adaptada para outros. Daí que, consoante o tipo de material, os empurradores tenham de ser ajustados.

Uma outra ideia, mais simples, passava por construir uns parafusos que não necessitassem de chave de fendas para os apertar (Figura 42).

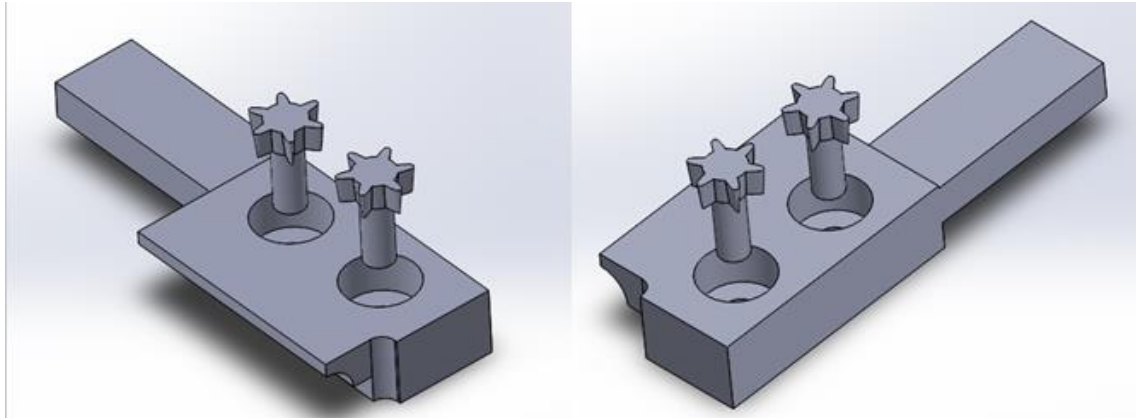


Figura 42: Desenho da segunda ideia (Solidworks 2012-2013)

O único senão desta ideia esteve relacionado com o facto de ser necessário alterar parte do formato do empurrador para que a “torneira” superior ao parafuso ficasse incluída no empurrador (não existe espaço na máquina para a mesma ficar de fora). A ideia exigia colaboração por parte do departamento de manutenção e não foi aplicada no tempo útil do projeto.

ii. Redução de tarefas externas:

No que diz respeito às tarefas externas identificadas nas tabelas 5 e 6, foi possível reduzi-las para valores muito próximos de zero. Para tal, foram anexadas à máquina quatro caixas (zonas 4A, 4D, 2B e 2C). Cada uma delas tem como finalidade armazenar o empurrador que irá substituir o empurrador em utilização. De igual modo, encontra-se colocada uma chave de fenda em forma sextavada nas caixas 4D e 2B e uma chave de porcas (tamanho 13) nas caixas 4D e 2C (Figura 43).

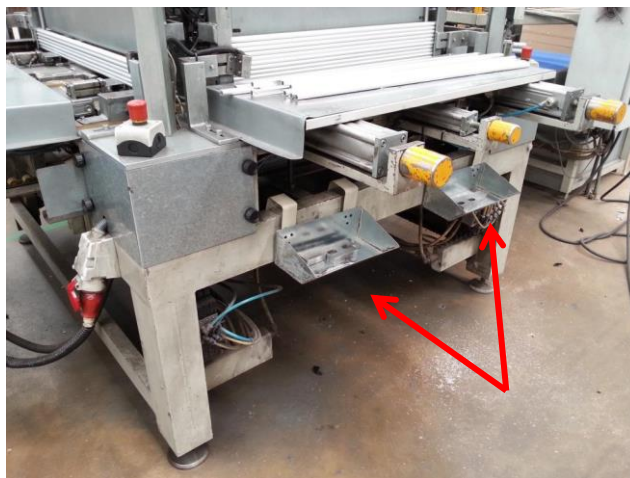


Figura 43: Duas das quatro caixas colocadas na lateral da máquina

4.2.5. RESULTADOS

Implementadas todas as ações apresentadas anteriormente, foi redigida uma instrução de trabalho como ferramenta de auxílio a qualquer pessoa que seja chamada a realizar a operação de *setup* na máquina em estudo (vide anexo D).

Foi igualmente realizado um acompanhamento dos valores posteriores à aplicação da metodologia, tendo-se obtido os seguintes dados (Figura 44):

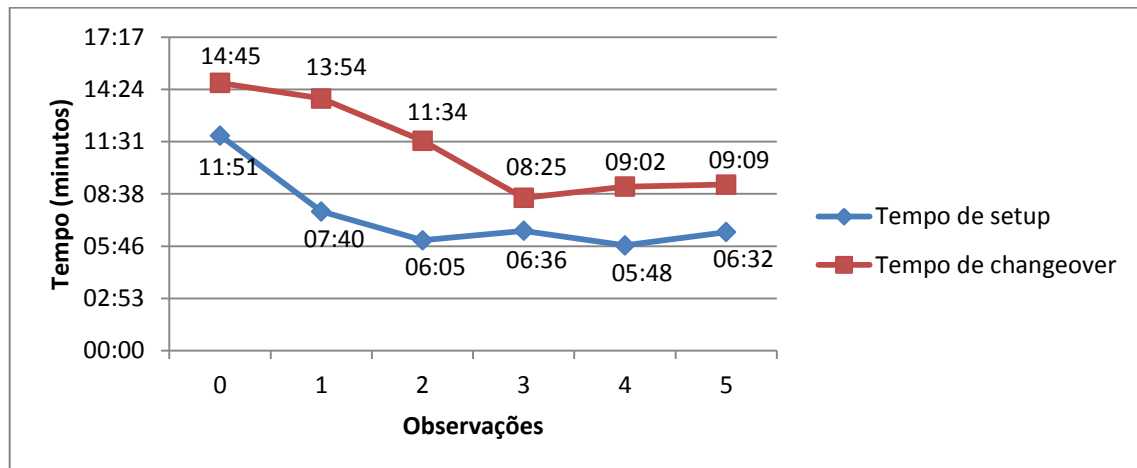


Figura 44: Evolução do tempo de *setup* e do tempo de *changeover*

Como se pode observar, ao fim duas observações, os tempos de *setup* começam a ser relativamente constantes. O facto de os operadores envolvidos estarem familiarizados com o processo e todos eles serem capazes de desempenhar qualquer uma das tarefas anteriormente identificadas contribuiu para a rápida estabilização do processo de *setup*.

Em conclusão, se for tido em conta o valor registado na observação número cinco (término do projeto) e o valor registado no momento inicial, constata-se uma diminuição de cerca de 45% no tempo de *setup*. Como consequências principais da melhoria apresentada, resultará certamente um aumento na produtividade, qualidade e flexibilidade, assim como uma redução nos tamanhos do lote e, consequentemente, do desperdício.

Por outro lado, e não menos importante, alcançou-se uma diminuição significativa no número de movimentações realizadas pelos intervenientes (Tabela 10).

Tabela 10: Melhoria registada nas movimentações efetuadas por operador

	ANTES	DEPOIS
Operador 1		
Operador 2		
Operador 3	(não disponível)	

5. CONCLUSÃO

5.1. REFLEXÃO SOBRE O TRABALHO REALIZADO

O presente projeto incidiu, essencialmente, na aplicação de ferramentas e metodologias *lean* que possibilitassem um acréscimo de produtividade em zonas muito particulares da empresa onde o mesmo se desenrolou.

Em primeiro lugar, na *Process*, com a estabilização do processo de embalagem e balanceamento das tarefas por operador registou-se um aumento no número de *memos* embalados por hora em cerca de 43%. Como consequência do trabalho mais eficiente, resultou uma diminuição na quantidade de *stock* intermédio que, obviamente, era traduzida em custos para a organização. Além disso, como demonstrado, a implementação da solução simulada através do *software* Arena poderia trazer outras vantagens, nomeadamente: aumento do *output* global e por operador, utilização de menos um operador e maior taxa de utilização do *robot*. A solução exige, contudo, investimentos e, deve por isso ser alvo de uma análise mais detalhada no futuro.

Em segundo lugar, da implementação da metodologia SMED à linha de montagem 120x90 adveio uma melhoria na ordem dos 45% no tempo necessário à realização do *setup* da máquina, a qual poderá ser refletida através de um aumento na produtividade, qualidade, flexibilidade e redução nos tamanhos do lote de produção. Por outro lado, foi alcançada uma redução nas movimentações realizadas pelos operadores da máquina que, segundo a literatura, representam uma das principais fontes de desperdício.

Para finalizar, como é de senso comum, a aceitação de mudança por parte das pessoas representa, na maioria das vezes, um grande entrave à implementação de melhorias num determinado processo: muitas vezes, as mesmas têm muitos “anos de casa” e não acham aceitável que um processo que é realizado da mesma forma há tantos anos tenha agora de ser alterado. Não foi esse, todavia, um aspeto de preocupação na Bi-silque SPGS, S.A.. Os colaboradores envolvidos demonstraram um grande espírito de compreensão e sentido de cooperação, o que facilitou bastante no cumprimento de objetivos delineados.

5.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Em qualquer empresa, nada do que se altera deve ser encarado como “cenário perfeito”, isto é, embora determinada transformação possa conduzir a melhorias no processo, tal não implica que tenham de permanecer estagnadas. Deve sempre coexistir um espírito de melhoria contínua.

Assim sendo, na *Process*, será muito interessante o desenvolvimento do trabalho de simulação iniciado, no sentido de verificar a aplicabilidade da solução apresentada e, claro, calcular a diferença entre os rendimentos inerentes à mudança e o investimento necessário. Importa, contudo, recordar que nem sempre o que sai da linha de montagem passa diretamente para a linha de embalagem, a qual é interrompida para que sejam embaladas encomendas com carácter mais urgente. Por conseguinte, será muito difícil efetivar qualquer tipo de alteração sem que esses problemas sejam previamente estudados e anulados.

Já em relação à linha de montagem 120x90, foi frisado no capítulo 3 que apenas o tempo de *setup* seria alvo de estudo. Porém, existe ainda o tempo de *startup* que é bastante variável e que deve constituir o próximo passo na obtenção de um tempo de *changeover* mais reduzido. A acrescentar a isso, a substituição dos parafusos por ferramentas de aperto rápido poderia constituir uma mais-valia interessante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Hagemeyer, C., Gershenson, J. K., & Johnson, D. M. (2006). Classification and application of problem solving quality tools: A manufacturing case study. *The TQM Magazine*, 18(5), 455–483.
- Hicks, B. J. (2007). Lean information management: understanding and eliminating waste. *International Journal of Information Management*, 27(4), 233-249.
- Karlsson, C., & Åhlström, P. (1996). Assessing changes towards lean production. *International Journal of Operations & Production Management*, 16(2), 24–41.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. New York: McGraw-Hill.
- Lopes, R., Neto, C., & Pinto, J. P. (n.d.). Quick changover: aplicação prática do método SMED.
- Montgomery, D.C. (2009). *Statistical quality control: a modern introduction* (6ª ed.). Hoboken: John Wiley & Sons.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System – beyond large-scale production*. New York: Productivity Press.
- Pinto, J. P. (2009). *Pensamento lean: a filosofia das organizações vencedoras*. LIDEL-Edições Técnicas, Lda.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to see: value-stream mapping to create value and eliminate muda*. USA: Lean Enterprise Institute.
- Scothmer, A. (2008). *5S Kaizen in 90 minutes*. Oxford: Management Books.
- Simaria, A. S., & Vilarinho, P. M. (2009). 2-ANTBAL: An ant colony optimisation algorithm for balancing two-sided assembly lines. *Computers & Industrial Engineering*, 56(2), 489–506.
- Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: the SMED system*. Cambridge: Productivity Press.
- Stevenson, W. J. (2007). *Operations management* (9ª ed.). Boston: McGraw-Hill.

Sugai, M. (2007). Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso, 323–335.

Suzaki, K. (2010). *Gestão das operações lean: metodologias Kaizen para a melhoria contínua*. Mansores: LeanOp Press.

Taj, S., & Berro, L. (2006). Application of constrained management and lean manufacturing in developing best practices for productivity improvement in an auto-assembly plant. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 55(3/4), 332-345.

Vilarinho, P. M., & Simaria, A. S. (2002). A two-stage heuristic method for balancing mixed-model assembly lines with parallel workstations. *International Journal of Production Research*, 40(6).

Wilson, L. (2010). *How to implement lean manufacturing*. McGraw-Hill.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean thinking: banish waste and create Wealth in your corporation*. New York: Free Press.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Ross, D. (2007). *The machine that changed the world*. London: Simon & Schuster.

Sites Consultados:

<http://www.arenasimulation.com> (Consultado em 12-04-2014)

<http://www.bi-office.com> (Consultado em 27-01-2014)

<http://www.bisilque.com> (Consultado em 27-01-2014)

<http://www.lean.org/WhatsLean/History.cfm> (Consultado em 10-02-2014)

<http://www.leanop.com/cms/en/glossary.html> (Consultado em 24-02-2014)

<http://www.organise4home.com> (Consultado em 27-01-2014)

<http://www.tiasupplierdevelopment.com.au/TMCA/TIA/consultation/consultation-services> (Consultado em 10-02-2014)

ANEXOS

ANEXO A

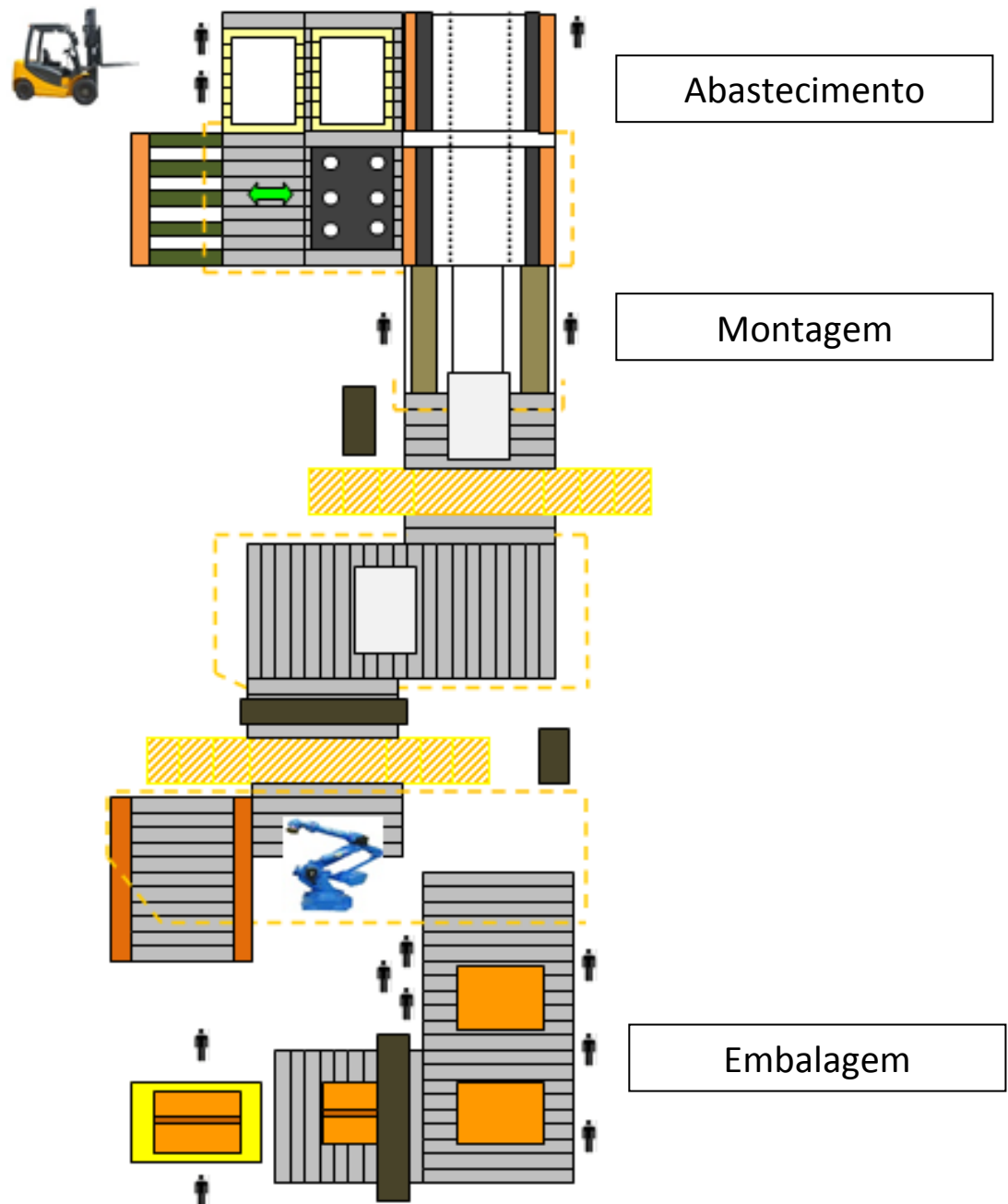


Figura 45: Representação esquemática das três áreas que constituem a *Process*

ANEXO B

Tabela 11: Registo de todos os tempos cronometrados na zona de embalagem

Tarefa	Descrição	Observação nº										Média	Desvio Padrão	TN (1,10)	TP (1,17)	TP (1,07)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
A	Colocar etiqueta no perfil do memo	3,84	4,91	4,56	4,76	4,09	4,68	3,03	3,81	4,74	3,39	4,18	0,65	4,60	5,38	4,92
B	Colocar memo em cima do tapete	8,94	8,70	9,20	9,52	9,61	9,46	8,26	9,96	9,74	9,57	9,30	0,52	10,23	11,96	10,94
C	Atirar favos de mel pequenos para cima do memo (B)	4,99	5,18	4,55	4,98	4,26	5,08	4,60	4,82	4,61	4,97	4,80	0,29	5,28	6,18	-
D	Colocar caixa de cartão exterior no tapete	11,85	11,19	12,49	11,02	12,29	11,42	12,43	12,44	11,58	12,92	11,97	0,64	13,16	15,40	-
E	Colocar caixa de cartão interior no tapete	10,97	10,69	9,38	9,76	10,20	9,15	10,63	9,16	9,04	10,71	9,97	0,75	10,97	12,83	-
F	Atirar favos de mel grandes para cima do memo (B)	4,34	4,47	3,83	4,33	4,81	3,71	3,51	4,09	4,91	3,75	4,17	0,48	4,59	5,37	-
G	Empurrar memo para o posto de trabalho B	4,58	4,01	4,02	4,97	4,79	4,08	4,32	4,47	4,45	4,62	4,43	0,33	4,88	5,71	5,22
H	Colocar manuais de instrução/limpeza	4,99	4,96	4,63	4,46	4,01	4,91	3,39	4,87	4,92	4,96	4,61	0,53	5,07	5,93	5,43
I	Fechar topo da caixa de cartão	6,78	6,74	6,40	7,80	6,36	7,01	7,84	7,18	6,76	7,31	7,02	0,52	7,72	9,03	8,26
J	Colocar favos pequenos nas laterais do memo	2,57	2,81	3,49	2,94	3,93	3,35	3,53	2,16	2,23	2,78	2,98	0,59	3,28	3,83	3,51
K	Colocar acessórios e fechar topo da caixa de cartão	13,18	14,81	15,88	13,88	15,00	14,46	14,33	15,70	14,02	15,98	14,72	0,93	16,20	18,95	17,33
L	Colocar favos grandes nas laterais do memo	3,19	3,72	3,61	3,73	3,72	3,12	4,05	4,16	4,08	3,81	3,72	0,35	4,09	4,79	4,38
M	Empurrar memo para o posto de trabalho C	4,44	4,60	4,81	4,85	4,05	4,54	4,48	4,58	4,63	4,09	4,51	0,26	4,96	5,80	5,30
N	Ajustar favos e fechar caixa de cartão interior (lado esquerdo)	8,73	9,11	9,94	8,04	8,94	9,71	9,40	8,27	9,92	8,65	9,07	0,67	9,98	11,68	-
O	Ajustar favos e fechar caixa de cartão interior (lado direito)	8,05	8,62	7,56	8,40	7,50	8,82	8,34	8,80	7,61	8,48	8,22	0,51	9,04	10,58	-
P	Alinhar caixa de cartão interior com exterior e fechar esta última	8,06	8,63	8,49	8,56	8,68	8,15	7,16	8,37	7,49	7,39	8,10	0,56	8,91	10,42	-
Q	Colocar fita-cola no topo da caixa	4,73	3,53	3,33	3,26	3,14	4,82	4,14	4,02	4,95	3,74	3,97	0,68	4,36	5,10	4,67
R	Empurrar memo para a máquina de fita-cola automática	4,44	4,60	4,81	4,85	4,05	4,54	4,48	4,58	4,63	4,09	4,51	0,26	4,96	5,80	5,30
S	Virar e colocar embalagem na paleta	5,43	5,51	5,95	6,45	6,66	5,24	6,53	5,12	5,57	6,69	5,91	0,62	6,51	7,61	6,96
T	Colar rótulo na embalagem	5,29	5,65	5,11	5,29	4,67	5,50	4,20	5,30	5,45	5,50	5,20	0,44	5,71	6,69	6,11
D1	Colocar caixa de cartão exterior no tapete	7,93	8,78	8,19	8,98	7,28	7,47	8,04	8,55	7,56	8,37	8,11	0,57	8,93	-	9,55
E1	Colocar caixa de cartão interior no tapete	6,28	6,63	6,25	6,62	6,33	5,91	5,79	5,02	5,66	6,39	6,09	0,50	6,70	-	7,17
N1	Ajustar favos e fechar caixas de cartão (lado esquerdo)	9,47	9,20	8,26	8,33	8,36	8,94	9,33	9,01	8,84	8,81	8,86	0,43	9,74	-	10,42
O1	Ajustar favos e fechar caixas de cartão (lado direito)	6,33	6,76	6,07	6,20	7,53	7,37	7,59	7,77	7,81	6,06	6,95	0,74	7,64	-	8,18
P1	Alinhar caixa de cartão interior com exterior	3,54	3,54	4,06	3,38	4,38	4,05	3,71	3,45	4,20	3,61	3,79	0,35	4,17	-	4,46

ANEXO C



Figura 46: Modelação do processo de embalagem (*Process*)

ANEXO D (1)

Instrução de Trabalho

Operações de Setup (120x90)

Bi-Silque / Produção

54-IT-57
Revisão 00



Operador 1

NR	TAREFA	FOTOGRAFIA	TEMPO (ACUMULADO)	
1	Limpar máquina com ar comprimido e remover eventuais restos de cola		01:36 (01:36)	
2	Colocar perfil e ajustar porcas em 3D		00:45 (02:21)	
3	Colocar perfil e ajustar porcas em 4D		00:45 (03:06)	
4	Ajustar porcas em 4A		00:27 (03:33)	

2014-02-18
1/10

Figura 47: Instrução de trabalho alusiva ao processo de *setup* da máquina 120x90 (1)

Instrução de Trabalho

Operações de Setup (120x90)

Bi-Silque / Produção

54-IT-57
Revisão 00



Operador 1

NR	TAREFA	FOTOGRAFIA	TEMPO (ACUMULADO)	
5	Colocar perfil e ajustar porcas em 1A		00:45 (04:18)	
6	Ir ao carrinho buscar perfis para alimentar lado 3		00:07 (04:25)	
7	Colocar perfis no alimentador 3 (50%)		00:40 (05:05)	
8	Ir ao carrinho buscar perfis para alimentar lado 4		00:07 (05:12)	

2014-02-18
2/10

Figura 48: Instrução de trabalho alusiva ao processo de *setup* da máquina 120x90 (2)

ANEXO D (2)

Instrução de Trabalho

Operações de Setup (120x90)

Bi-Silque / Produção

54-IT-57
Revisão 00



Operador 1

NR	TAREFA	FOTOGRAFIA	TEMPO (ACUMULADO)	
9	Colocar perfis no alimentador 4 (50%)		00:40 (05:52)	 
10	Configurar computador		00:18 (06:10)	
11	Ligar máquina		00:05 (06:16)	

2014-02-18

3/10

Figura 49: Instrução de trabalho alusiva ao processo de *setup* da máquina 120x90 (3)

Instrução de Trabalho

Operações de Setup (120x90)

Bi-Silque / Produção

54-IT-57
Revisão 00



Operador 2

NR	TAREFA	FOTOGRAFIA	TEMPO (ACUMULADO)	
1	Retirar perfis da máquina (lado 1)		00:07 (00:07)	 
2	Transportar perfis para o carrinho		00:06 (00:13)	
3	Retirar perfis da máquina (lado 2)		00:07 (00:20)	
4	Transportar perfis para o carrinho		00:06 (00:26)	

2014-02-18

4/10

Figura 50: Instrução de trabalho alusiva ao processo de *setup* da máquina 120x90 (4)

ANEXO D (3)

Instrução de Trabalho

Operações de Setup (120x90)

Bi-Silque / Produção

54-IT-57
Revisão 00



Operador 2

NR	TAREFA	FOTOGRAFIA	TEMPO (ACUMULADO)	
5	Desapertar empurrador em 1B		00:26 (00:52)	
6	Apertar empurrador em 1B		00:38 (01:30)	
7	Desapertar empurrador em 3C		00:26 (01:56)	
8	Apertar empurrador em 3C		00:38 (02:34)	

2014-02-18

5/10

Figura 51: Instrução de trabalho alusiva ao processo de *setup* da máquina 120x90 (5)

Instrução de Trabalho

Operações de Setup (120x90)

Bi-Silque / Produção

54-IT-57
Revisão 00



Operador 2

NR	TAREFA	FOTOGRAFIA	TEMPO (ACUMULADO)	
9	Ajustar porcas em 3C		00:27 (03:01)	
10	Colocar perfil e ajustar porcas em 2C		00:45 (03:46)	
11	Ajustar porcas em 2B		00:27 (04:13)	
12	Ajustar porcas em 1B		00:27 (04:40)	

2014-02-18

6/10

Figura 52: Instrução de trabalho alusiva ao processo de *setup* da máquina 120x90 (6)

ANEXO D (4)

Instrução de Trabalho

Operações de Setup (120x90)

Bi-Silque / Produção

54-IT-57
Revisão 00



Operador 2

NR	TAREFA	FOTOGRAFIA	TEMPO (ACUMULADO)	
13	Ir ao carrinho buscar perfis para alimentar lado 1		00:09 (04:49)	 
14	Colocar perfis no alimentador 1 (50%)		00:40 (05:29)	
15	Ir ao carrinho buscar perfis para alimentar lado 2		00:09 (05:38)	
16	Colocar perfis no alimentador 2 (50%)		00:40 (06:18)	

2014-04-18

7/10

Figura 53: Instrução de trabalho alusiva ao processo de *setup* da máquina 120x90 (7)

Instrução de Trabalho

Operações de Setup (120x90)

Bi-Silque / Produção

54-IT-57
Revisão 00



Operador 3

NR	TAREFA	FOTOGRAFIA	TEMPO (ACUMULADO)	
1	Retirar perfis da máquina (lado 3)		00:07 (00:07)	 
2	Transportar perfis para o carrinho		00:06 (00:13)	
3	Retirar perfis da máquina (lado 4)		00:07 (00:20)	
4	Transportar perfis para o carrinho		00:06 (00:26)	

2014-02-18

8/10

Figura 54: Instrução de trabalho alusiva ao processo de *setup* da máquina 120x90 (8)

ANEXO D (5)

Instrução de Trabalho

Operações de Setup (120x90)

Bi-Silque / Produção

54-IT-57
Revisão 00



Operador 3

NR	TAREFA	FOTOGRAFIA	TEMPO (ACUMULADO)	
5	Desapertar empurrador em 3D		00:26 (00:52)	 
6	Apertar empurrador em 3D		00:38 (01:30)	
7	Desapertar empurrador em 1A		00:26 (01:56)	
8	Apertar empurrador em 1A		00:38 (02:34)	

2014-02-18

9/10

Figura 55: Instrução de trabalho alusiva ao processo de *setup* da máquina 120x90 (9)

Instrução de Trabalho

Operações de Setup (120x90)

Bi-Silque / Produção

54-IT-57
Revisão 00



Operador 3

NR	TAREFA	FOTOGRAFIA	TEMPO (ACUMULADO)	
9	Colocar planos		03:00 (05:34)	 

2014-02-18

10/10

Figura 56: Instrução de trabalho alusiva ao processo de *setup* da máquina 120x90 (10)